168






# بنية الثورات العلمية

تأليف: **توماس كون**

ترجمة: **شوقي جلال**

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت




سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ـ الكويت

صدرت السلسلة في يناير 1978 بإشراف أحمد مشاري العدواني 1923 ـ 1990

168

# بنية الثورات العلمية

تأليف: **توماس كون**

ترجمة: **شوقي جلال**



# المحتوى

المحتوى
المحتوى
المحتوى

المحتوى

# مقدمه

فلسفة العلم بدون تاريخ العلم خواء
وتاريخ العلم بدون فلسفة العلم عماء
«كانط»

القرن العشرون الذي يوشك أن يأفل، هو بمعنى من المعاني، الوجه المقابل للقرن التاسع عشر، على نحو يؤذن بعالم جديد تماما في فكر وفلسفة إنسان القرن الحادي والعشرين. كان القرن التاسع عشر قرن العقل واليقين؟ أما القرن العشرون فهو قرن الشك والاحتمال. وكان القرن التاسع عشر قرن الإيمان بالنظريات والمذاهب، بل وواحدية النظرية أو المذهب، أما القرن العشرون فهو قرن التمرد والثورة التعددية. وكان القرن التاسع عشر قرن الثقة في الاستقرار وانتصار الإنسان؟ أما القرن العشرون فهو قرن الأزمات والصدمات. وكان القرن التاسع عشر قرن الذات-الجوهر الفاعلة المتعالية على السياق والتاريخ؛ أما القرن العشرون فهو قرن الذات-الموضوع رهن السياق ووليد التاريخ. بدا القرن التاسع عشر تتويجا لفكر التنوير، عصر العقل وتأكيد الذات واستقلال الأنا عن الموضوع؟ وهو ما لخصه شعار فلسفة ديكارت، أنا أفكر لينطلق من الأنا الديكارتي والإيمان بالوجود. ومن ثم كان القرن التاسع عشر قرن استقلال الفكر والعقل والثقافة والحقيقة، أما القرن العشرون فهو قرن تاريخ وسوسيولوجية الفكر والعقل والثقافة والحقيقة؟ إنه قرن البنية التي تشكل فيها الذات والموضوع نسيجا واحدا في بعدي التاريخ والمجتمع.

وأهل القرن العشرون بأزمة عصفت بكل دعائم الثقة، وبكل أركان اليقين، وبكل مبررات استقلال

الذات أو الموضوع. وثار العقل على نفسه في سياق من الأحداث الاجتماعية المأساوية وبقوة دفع التطورات والإنجازات العلمية الطبيعية منها والإنسانية. وتغيرت مقومات الفكر بل وأسس الثقافة ذاتها.

وفي ضوء الثورة الكاسحة التي شملت الفيزياء الكلاسيكية وامتدت إلى علوم طبيعية أخرى وانعكست على الفكر الفلسفي والعلوم الاجتماعية، بات مشروعا أن يسأل عالم مثل هيزنبرج: ما هو محتوى الحقيقة أو الصدق للفيزياء الكلاسيكية أو الحديثة؟ لقد غيرت النظرية النسبية صورة الكون بعد أن غيرت مفهوم الزمان والخصائص الهندسية للمكان. وأثبتت النظرية النسبية أن أساس العلوم المضبوطة الذي كان يعتبر أمرا بديهيا يمكن أن يتغير بعد أن أحاطت الشكوك بجوهر الفيزياء الكلاسيكية. لقد انتفى الاعتقاد بأن مسار الحدث موضوعي ومستقل عن المشاهد.

ولوحظ كما يقول هيزنبرج أن النظريات الحديثة لم تأت وليدة أفكار ثورية أضيفت من خارج العلوم المضبوطة، بل على العكس لقد شقت طريقها عنوة في البحوث التي كانت تحاول في دأب إنجاز برنامج الفيزياء الكلاسيكية. أي أن هذه النظريات نبعت من داخل طبيعتها هي. ومن ثم برز السؤال كيف حدث ويحدث التحول الثوري من الداخل؟ وكيف يتطور العلم في التاريخ؟ أو ما هي الدينامية الباطنية لحركة العلم في التاريخ؟ وما معنى فهم العالم أو الطبيعة ومعنى الحقيقة العلمية؟ وماذا عن العلوم لو نظرنا إليها تاريخيا؟ والعلاقة بين المعرفة العلمية والثقافة. ما معايير العلم وكيف نمايز بين العلم اللاعلم؟ كيف نشأت المعرفة العلمية وما وظيفتها في المجتمع وحركتها في التاريخ؟

هكذا فرضت إشكالية الأسس الإبستمولوجية للعلم نفسها في ضوء جديد حددته، وألقت أضواء على أزمة العلوم الطبيعية وما انطوت عليه من مشكلات فلسفية معرفية ومنطقية. هذا علاوة على الأضواء الكاشفة لإنجازات العلوم بعامة بما في ذلك العلوم الإنسانية مثل علوم اللغات والأنثروبولوجيا وسيكولوجيا الإدراك وسوسيولوجيا المعرفة ودراسات الثقافات المقارنة. وقد أسهمت جميعا في تفسير العديد من المفاهيم السائدة وتوضيح العملية المعرفية وعدلت من أسلوب تناول الظواهر، وغيرت صورة العالم تغيرا جذريا. نضيف إلى هذا الحوار المضطرم بين هذه العلوم جميعها

حول محور العملية المعرفية والذات والموضوع، وعلاقة المعرفة العلمية بنسق الموضوعات المناظرة.

واحتلت مشكلة تطور العلم في التاريخ مكان الصدارة منذ مطلع القرن العشرين ولا تزال. وبرزت أسماء لعلماء مرموقين، وتعددت أو تضاربت الآراء. وانعقدت مؤتمرات دولية لمناقشة القضايا المتعلقة بتطور العلم في التاريخ. وتضافرت جهود علماء الطبيعة ومؤرخي العلم لصوغ اتجاه جديد للبحث النظري التاريخي يمكن أن نسميه منطق التطور العلمي، وموضوعه دراسة ميكانيزمات إنتاج وحركة العلم، وتحليل تطور بنية العلم، ومناهج تحصيل المعارف الجديدة، واكتشاف قوانين التقدم العلمي، بل ومعنى التقدم العلمي ومعاييره، وأشكال وصيغ التقدم، وعلاقة العلم بالتراث الثقافي ونسق الفكر المشترك «الابسيتمي» وعلاقة التقدم العلمي بالتقدم الاجتماعي والارتقاء الحضاري، والعلم والتنبؤ بالمستقبل، والعلم والسياسات القومية، والعلم والإبداع في ضوء العلوم المختلفة، والعلم والتعليم... الخ والعلم وما قبل العلم أي معايير الحكم على المعرفة بأنها علمية ولا علمية وحين بدا أن العلم أو إنجازات العلم تشكل خطرا يتهدد الإنسان بل والوجود الحضاري فرض السؤال نفسه: هل مسيرة العلم عشوائية أم يمكن للإنسان أن يحكم قبضته على مسيرة العلم تخطيطا وتوجيها ضمانا لسداد وصواب تطوره. وبرزت أهمية فهم قوانين العلم كعملية تاريخية ممتدة وكقوة اجتماعية فاعلة، سواء من زاوية معرفية أو من زاوية التوجيه العملي لمسار العلم.

وتعددت مدارس الفكر، وتعقدت مناهج التناول مع تعقد فروع المعرفة واتساع نطاقها وازدياد تخصصها وغزارة إنجازاتها وعمق إشكالياتها. ومؤرخ العلم لابد وأن يضع في الحسبان كل فروع المعرفة، ويبحث العلاقات المتداخلة بينها، المتواترة والمركبة. هل يدرس العلم كفرع معرفي أم العلم كظاهرة اجتماعية ونشاط له تاريخ؟ وهل هناك علم عام ينصب عليه البحث وتستقى منه معطياتنا؟ وهل يدرس العالم الفرد أم العلماء كقوة اجتماعية؟ وماذا عن الجوانب النفسية للعلماء المبدعين وأسباب تميزهم؟ وكيف عبروا عن أنفسهم، ودور البيئة والتراث في هذا كله؟ وهل يدرس التسلسل المنطقي لحركة العلم وترابط الوقائع العلمية وتقديم تفسير منطقي للاكتشافات؟

وشاعت مع الحرب العالمية عبارة Big Science أو النشاط العلمي المكثف

والمنظم والجمعي. وظهر اتجاه جديد متميز لدراسة مظاهر اطراد التقدم العلمي وأدائه كمحاولة للإجابة على هذه الأسئلة وحسم تلك الإشكاليات. وعرف هذا الاتجاه باسم علم العلم Scientology or Science of Science ويسميه البعض حكمة العلم Scientosophy أو الدراسة التسجيلية للعلم-Scien tography وكانت قد توفرت مادة دراسية وافية عن العلم وتاريخه وحركته وتنظيمه وتخطيطه تصلح أساسا لموضوع علم العلم الذي وضع لبناته الأولى العالم البريطاني المبرز جون برنال في كتابه «الوظيفة الاجتماعية للعلم» ثم كتاب «العلم في التاريخ». وهذا لا ينفي محاولات سابقة منذ القرن السابع عشر، حاولت أن تلقي نظرة شاملة إلى العلم ولكنها تأملية خالصة.

ويعتبر علم العلم نسقا مركبا يتألف من أفرع وجوانب كثيرة: البنية المنطقية للعلم، منطق تطور العلم، وسوسيولوجيا العلم، تنظيم العلم، اقتصاد العلم، وطبيعة الإبداع وسيكولوجيا النشاط العلمي، ونظرية تنظيم العلم أو إدارة العلم باعتباره مؤسسة اجتماعية.. الخ. وتجري دراسة هذه الجوانب جميعها في وحدة متكاملة مع بيان تأثير كل منها في الآخر. ويهدف هذا المنهج في البحث إلى الكشف عن أداء وتطور العلم كنسق خاص والإفادة بهذه النتائج في النظرية والتطبيق.

وعلى الرغم من أن الاهتمام ببحث موضوع المعرفة بعامة، والمعرفة العلمية بخاصة باعتبارها ظاهرة متطورة تاريخياً ليس بالبحث الجديد، فإن الجديد هو تباين وجهات النظر، وتعدد مناهج البحث والنشاط المحموم إلى حد الصراع والتطاحن في هذا الصدد، مما يكشف عن اهتمام وحاجة ملحة، وإدراك لأهمية دراسة هذه الظاهرة في إطارها الثقافي الاجتماعي التاريخي مع الاستفادة بإنجازات العلوم الإنسانية التي دفعت إلى تغيير مسار التفكير الفلسفي والدخول في مواجهة مع فلسفة اتخذت لنفسها اسم «الفلسفة العلمية» ونعني بها الوضعية المنطقية أو التجريبية المنطقية.

فقد شهد العلم تطورات دفعت مفكرين عديدين إلى أن ينحوا نحوا آخر جديدا غير وضعي في تناول فلسفة العلم. والجدير بالذكر هنا أن الفلسفة الوضعية نزعت إلى إغفال تاريخ العلم باعتباره غير ذي صلة بفلسفة العلم، بناء على الاعتقاد بأنه «لا منطق للاكتشاف» وأن عمليات ملاءمة الاكتشاف العلمي والتقدم العلمي هي موضوع تختص بدراسته

علوم أخرى مثل علم النفس أو الاجتماع أو غيرهما حيث أن فلسفة العلم مقتصرة على منطق البحث فحسب، وأن عالم المنطق مهمته تحديد اللغة ضمانا لدقة وتطابق الاصطلاحات، وأن ما يعنيه هو البنية المنطقية لكل القضايا الممكنة التي تزعم أنها قوانين علمية.

واعتاد فلاسفة التجريبية المنطقية النظر إلى تاريخ العلم باعتباره أساسا مسجلا لعمليات إزاحة تدريجية للخرافة والهوى وغير ذلك من معوقات التقدم العلمي. وتتمثل عمليات الإزاحة في إضافات متزايدة باطراد وتوليف للمعارف لتندرج كل فئة من المعارف العلمية الجديدة في إطار المبحث العلمي الخاص بها... وهذا هو التفسير المألوف لتاريخ العلم، والذي أطلق عليه توماس كون وغيره «مفهوم التطور عن طريق التراكم» والذي يتصدى له في كتابه هذا.

وبرزت خلال حركة التمرد على فلسفة العلم هذه آراء زعمت أنها جديدة وراديكالية ليس فقط من حيث مذهبها بشأن العلم وتطوره وبنيته بل وأيضا من حيث تصوراتها للطرق الملائمة لحل مشكلات فلسفة العلم وبيان هذه المشكلات ذاتها.

ومن هذه الدراسات المتمردة كتاب «بنية الثورات العلمية» تأليف توماس كون العالم الأمريكي الذي تخصص في تاريخ العلم. وصادف كتابه استجابة واسعة، وأثار جدلا ساخنا لم يهدأ بعد، واحتل الصدارة في جداول عدة مؤتمرات دولية معنية بتاريخ العلم. وصدرت دراسات عديدة تركزت على نظريته ما بين تأييد أو معارضة لها أو توضيح لآثارها وانعكاساتها على مناهج بحث لفروع علمية متباينة وبخاصة العلوم الاجتماعية.

لب نظرية كون فكرة النموذج الإرشاديParadigm. وقد أخذ المصطلح عنده أكثر من معنى، إذ اضطر إلى تحديده بدقة أكبر عند الرد على منتقديه. والنموذج الإرشادي أو الإطار الفكري هو تلك النظريات المعتمدة كنموذج لدى مجتمع من الباحثين العلميين في عصر بذاته، علاوة على طرق البحث المميزة لتحديد وحل المشكلات العلمية وأساليب فهم الوقائع التجريبية. ويركز كون على الطبيعة الجمعية للنشاط العلمي مؤكدا أن العالم الفرد لا يمكن اعتباره ذاتا كافية للنشاط العلمي. وانتهى كون إلى نتائج بعيدة المدى ذات طبيعة إبستمولوجية ومنهجية. ولا يرى كون أن

هناك نقلات منطقية بين النماذج الإرشادية المنفصلة إذ يشبهها بعوالم مختلفة يعيش فيها الباحثون.

والنماذج الإرشادية غير قياسية، إذ ثمة انقطاع أو قطيعة بين المفاهيم النظرية الأساسية المختلفة في العلم. ومن ثم فإن حركة العلم، أو لنقل النظريات العلمية أو النماذج الإرشادية الجديدة ليست نتيجة منطقية ولا تجريبية للنظريات السابقة عليها... إنها لا قياسية وحقائقها نسبية، وفي كل حقبة علمية أو مع كل ثورة علمية تكون السيادة لنموذج إرشادي له الغلبة. والنماذج الإرشادية في تاريخ العلم الواحد مختلفة عن بعضها اختلافا أساسيا، وتحل محل بعضها البعض على مدى مسار التطور التاريخي للمعرفة العلمية.

ويرفض كون رأى الوضعية المنطقية في اعتبار بنية النظريات العلمية نسقا من العلاقات الشكلية الخالصة لأبنية لغوية. إذ يرى أن نسق النظرية غارق أو منغمس في مخططات معرفية هادفة تحدد كلا من طابع ومسارات كل تطور جديد للنظرية وكذا أسلوب تحديد التجارب وتفسيرها. وهو هنا متأثر بفكر وفلسفة وورف الذي استخلص بالاشتراك مع أدوار سابير من نتائج دراستهما للغات، مجموعة من القوانين على أساس عرقي، وانتهيا إلى ما يعرف باسم فرض النسبية اللغوية. وحسب هذا الفرض فإن العالم الذي ندركه ونفسره قائم لاشعوريا على أساس معايير لغوية محددة. ونحن نحلل أو نجزئ الواقع إلى عناصر وفقا لقواعد تصنيف (وهي قواعد مجسدة في وحدات قاموسية أي مفردات اللغة) ووفقا للأبنية النحوية الأصيلة في اللغة موضوع البحث. وحيث أنه لا توجد لغتان متماثلتان فإن بالإمكان القول إن المجتمعات المختلفة موجودة في عوالم مختلفة. فنحن نحلل الطبيعة وفق خطوط حددتها لنا لغاتنا الوطنية، وهو ما يعني أساسا أن تنظيمها يتم على أساس أنساق اللغة الموجودة في الأذهان. وهكذا ندخل في مبدأ جديد من النسبية يقضى بأن جميع المشاهدين لا يسترشدون بنفس الدلائل أو الشواهد الفيزيقية وصولا إلى نفس صورة الكون ما لم تكن خلفياتهم اللغوية متماثلة. وحسب فرض النسبية اللغوية فإن الصور اللغوية المختلفة عن العالم يمكن أن تصنع أبنية فئوية مختلفة، ومن ثم تؤثر على معايير التفكير، كما تؤثر بالواسطة على معايير سلوك مجتمع معين.

ولقد استطاع كون أن يلفت الأنظار في دراسته عن نظرية العلم وتاريخه ومناهج بحثه إلى سلسلة كاملة من المشكلات التي كانت في الظل، ولكنها واقعية وجوهرية لفهم بنية ووظائف المعرفة العلمية، ولفهم العملية التاريخية الفعلية لتطور العلم.

ولكن كون بقدر ما أثار من اهتمام ودوي، أثار شكوكا وانتقادات. وانصب اتهامه بالذاتية أو النسبية الذاتية بسبب مشكلة الانتقال من نموذج إرشادي إلى آخر-أي الثورة العلمية التي تعنى في رأيه الانتقال إلى عالم مغاير إدراكيا ومفاهيميا غير العالم الذي يعمل فيه الباحث. لقد تغير العالم لمجرد إبدال النموذج الإرشادي. إن الباحث العلمي عقب إبدال النموذج الإرشادي، أي عقب الثورة العلمية، يرى العالم في صورة مختلفة؟ بل إن ما كان بديهيا لم يعد جزءا من خبرته حتى وإن استخدم ذات المصطلحات القديمة. ذلك أن الصيغ والقواعد والمصطلحات تأخذ معنى كيفيا جديدا في إطار الصورة الكلية الجديدة ذات الدلالة المغايرة. معنى هذا أن الإبدال أو التحول أو الثورة ليست لها أسباب منطقية أو تجريبية. ويرى كون في هذا دليلا على وجود عناصر لا عقلية في تاريخ العلم.

وإذا كانت الانتقادات قد تركزت أساسا على مفهوم كون لمعنى الثورة العلمية، أي الانتقال من إطار فكري أو نموذج إرشادي إلى آخر، وما ينطوي عليه هذا الفهم من إيحاء بوجود عناصر لاعقلية ونفي للارتقاء الحضاري العلمي على نحو متتابع، فإننا سنجد من بين منتقديه من يحاول أن يدفع بهذا الجانب اللاعقلي إلى أبعد مما ذهب إليه كون.

وناقش كتاب كثيرون المشكلات الفلسفية لفكرة تغير النماذج الإرشادية، ودلالة ذلك بالنسبة لجدوى الحوار بين المجتمعات العلمية التي تلتزم بنماذج إرشادية متباينة، وأيضا إمكانية فهمنا نحن المعاصرين للمجتمعات البدائية. وعنى هؤلاء المفكرون أساسا بفكرة «النسبية» المترتبة على رأى كون من أن النماذج الإرشادية يمكن النظر إليها باعتبارها تستجيب إلى عوالم مختلفة ومن ثم يتعذر التفاهم بينهم، ويستحيل حسم الخلاف باللجوء إلى أي لغة خارج النموذج الإرشادي، بمعنى أن الحوار بين الثقافات هو حوار طرشان.

يلزم عن هذا أن لا سبيل للوقوف خارج الحوار بين أنصار نموذجين إرشاديين والاهتداء إلى حجج «عقلانية» ومعايير برهانية تجريبية تكشف

عن صواب صورة ما للعالم وخطأ الأخرى. إذ لكي يكون الحوار مجديا بين طرفين لابد وأن يدور داخل ذات الإطار بلغته ومفاهيمه. وواقع الحال إننا مع إيماننا بالدور الحاكم للإطار الفكري في الحياة العامة إلا أنه ليس دورا حاكما أبديا داخل الحياة العلمية، وليس قدراً إلا إذا كان ذلك استنادا إلى أحكام قيمية على نحو ما نجد في ظل الجمود العقائدي الذي يخرجنا من دائرة العلم. وإذا كان الخلاف ينشب داخل المجموعة العلمية إزاء ظواهر معينة تشذ عن الإطار الحاكم، فإنها ظواهر طبيعية أو واقعية ليست مبتدعة ولا مصطنعة، ومصدرها العالم أو الطبيعة، ومن ثم فإنه لابد، استطرادا مع نظرية كون، ولكن التزاما بنهج مغاير، أن يكون المرجع والحكم هنا الإشارة إلى العالم الخارجي، مصدر الظاهرة، وإقامة البرهان التجريبي لحسم الخلاف.

ولكن هذا لا يمنع من أن نشاهد في الحياة العامة من يرفض الإقرار بالظاهرة الجديدة، ويستعصي عليه بحثها، ويسعى إلى تطويعها قسرا لإطار فكري موروث أو قياس انعقد عليه الإجماع، حسب ما يرى كون، بيد أن الأمر هنا لا يتعلق بظاهرة طبيعية يختص ببحثها العلم الطبيعي بمنهجه البرهاني التجريبي، بل ظاهرة إنسانية اجتماعية أو ثقافية لها منطق متميز. وهذا لا يعنى أيضا أن الاحتفاظ بالإطار الفكري أو النموذج الإرشادي القديم له ذات القدر من الصواب والإنتاجية أو الفعالية العلمية بشأن النموذج الإرشادي الجديد... ذلك أن من شاء أن يظل على إيمانه بأن الأرض مسطحة له حقه في هذا، ولكن اعتقاده لن يكون ندا ولا كفؤا لنظرية كروية الأرض. ثم إن الأمر هنا ليس اعتسافا، ولا اختيارا إراديا بل رهن بمرجع نحتكم إليه وتدعمه أجهزة البحث التي هي جزء لا يتجزأ من عناصر البرهان التجريبي.

ولهذا نقول إن نظرية كون كانت مؤثرة، ولها صداها في مجال العلوم الاجتماعية الثقافية، على عكس الحال بالنسبة للعلوم الطبيعية. فإن زاوية رؤية الإنسان للعالم من حوله نتاج ثقافي اجتماعي موروث. وتظل هذه الرؤية باقية في جوار مع رؤية علمية مغايرة. وتتألف هذه الرؤية في شمولها من عناصر تضم اللغة وقواعدها ودورها في صياغة صورة العالم وبنيته، ولبنات هذه البنية. ولهذا أثار بعض النقاد موضوع العلاقة بين لغة الحياة

اليومية ولغة العلم في الحياة وتجاور الاثنين معا. ويقرر هؤلاء أن إطار ما نشاهده في التجربة العلمية يحدده محتوى النظرية، غير أن أبنية الإدراك الأساسية مثل تفسير العالم في ضوء اللغة الطبيعية للحياة اليومية، تتشكل عند المستوى قبل العلمي.

فالإنسان العام لا يزال من الوجهة الاجتماعية هو الإنسان بمكوناته الإدراكية ووسائل تعبيره. إذ لا يزال يدرك حسيا أن الشمس تدور حوله ولا يزال يقول، وتفرض عليه لغته قول، أشرقت الشمس، وإن كانت لغة العلم وصورة العالم في العلم غير ذلك. وهذا من شأنه أن يثير قضية التواصل بين العلم ولغة العلم والعلماء وبين الحياة اليومية واللغة الطبيعية والإنسان العام أو الحسن المشترك... أو حدود التواصل بين العلمي وما قبل العلمي في الحياة العامة.

وأن أخطر ما وجهه المفكرون من نقد لنظرية كون يتعلق بتعريفه للمنهج العلمي ومعاييره الخاصة بالتمييز بين العلم وغير العلم على نحو أوقعه في تناقضات منطقية في تطبيقه لهذه المفاهيم. ذلك أن كون يساوي بين مناهج بحث الأقدمين والمحدثين حتى وإن تعارضت، وعلى الرغم مما يراه انقطاعا بين النظريات في التاريخ. ومنهج كون هذا يفضي، كما يرى منتقدوه، إلى نسبية المعرفة. فكل معرفة صحيحة قياسا إلى نسقها وبالنسبة إلى نموذجها الإرشادي، دون معايير للحكم على الصواب والخطأ غير الرجوع إلى السياق أو النموذج الإرشادي. ويفضي هذا المنهج أيضا إلى التهوين من شأن التحليل العقلي كمعيار حاسم في البحث العلمي. وبهذا نفتقد الدليل العقلي الذي يميز به بين العلم وغير العلم، مثلما نفتقد معايير قياس التقدم العلمي. وما دام الرأي عند كون أن نظريات أرسطو وبطليموس ونيوتن وآينشتين جميعها نظريات علمية على قدم المساواة، فليس غريبا أن يظل الباب مفتوحا، ولو نظريا حسب منهج كون، لاحتمالات عودة نظرية قديمة لتحل محل أخرى جديدة طالما أننا لا نملك المعيار.

ورأى البعض في هذا نوعا من التشاؤم الابستمولوجي أو اللاإرادية الابستمولوجية التي تفضي إلى تشاؤم. فالنظريات جميعا سواء، ولا أمل أو معيار للتقدم المعرفي للإنسانية. ولا بأس، التزاما بهذا الرأي، أن يستصوب البعض الردة إلى نظريات سابقة.

إن قضية التعارض بين النظريات الجديدة والقديمة، أو الانقطاع بينها، هي قضية تتعلق بنظرية المعرفة مثلما تتعلق بقضايا منهج البحث العلمي. وهذان هما جوهر العلم الحديث، ومعيار التمييز بين ما هو علمي وما هو غير أو قبل علمي، وهما بالتالي أحد معايير التقدم العلمي ومن ثم الحضاري.

إن الظاهرة الطبيعية أو الاجتماعية، قد تكون واحدة عند الأقدمين والمحدثين، والاهتمام بهذه أو تلك قد يكون واحدا عند هؤلاء وأولئك. ولكن الفارق الجوهري هو فارق معرفي من حيث محتوى المعرفة ومنهج البحث الذي يقره العلم الحديث والذي يسبغ صفته على الباحث بحكم الالتزام به، وبدونه تسقط عنه صفة العلمية.

ولهذا فإن النظريات التي أشار إليها كون عند المقارنة بينها وبين النظريات الحديثة هي، في رأي منتقديه، نظريات غير علمية. والأمر جدًا مختلف عند الحديث عن نظرية بطليموس وغيره من الأقدمين السابقين على المنهج العلمي الحديث أو عند الحديث عن نظريات علمية حديثة غير كاملة. فالأولى غير علمية تماما، والثانية، إذا ما توفرت فيها شروط المنهج، تكون خطوة على الطريق نحو نظرية كاملة تحدث تغييرا شاملا في مجال بحثها، أعنى ثورة بالمعنى الذي ذكره توماس كون. معنى هذا أن نميز بين سعي الإنسان إلى المعرفة، وأن نضع إنجازاته في إطار عصره وسياقه الاجتماعي وبنيته الفكرية، وبين البحث العلمي في عصر المنهج القائم على البرهان التجريبي. وهذا السعي أو البحث مشروع أو ظاهرة اجتماعية متطورة تدريجيا على مدى التاريخ، ولها شروطها التي تمايز بين مراحلها.

ثم إن هناك اتصالاً بين النظريات ولكنه في اتجاه واحد وليس في اتجاهين، بمعنى أن الباحث المحدث يستطيع مع التزامه بالنظرية المعاصرة أن يفهم نظرية أرسطو أو بطليموس ويدرك مواطن الخطأ فيها وأسبابه بينما من يعيش بنظرية أرسطو أو يفكر بطريقة الأقدمين فقط يستعصي عليه فهم النظرية الحديثة أو التحاور مع أصحابها.

وماذا عن النظريات التي ثبتت صحتها (مثل ميكانيكا نيوتن) ثم حلت محلها نظريات أخرى أكثر نجاحاً (النظرية النسبية وميكانيكا الكم)؟ يقول لإنسانا كيتا* أستاذ فلسفة العلوم في سيراليون: من الخطأ القول إن نموذج البحث في إحدى النظريتين الأخيرتين حل محل نموذج البحث في

النظرية الأولى كبديل عنها، إذ يمكن الجمع بين النماذج الثلاثة. والفارق هو فارق في المدى والدرجة بمعنى أن ميكانيكا نيوتن أكثر دقة من ناحية المسافات والسرعات النهائية.

ويضيف إلى ذلك بوليكاروف قائلا: إن التعديل في إحدى النظريات يحدث بوسائل مختلفة، ويتناول أجزاء مختلفة أو يجري على مستويات متباينة. مستوى المعنى الفيزيقي، أو مستوى الأداة الرياضية، أو مستوى الأساس المنطقي، أو مستوى التفسير الفلسفي. ثم إنه لا بد من النظر في طبيعة التحول: فقد تكون النظرية الجديدة استيعابا للقديمة وأكثر منها شمولا بحيث تغدو حالة خاصة بالنسبة إليها. أنها لا تثبت زيف القديمة بل تضيف... وإن الانتقال إلى مستوى أعمق يقضي بأن ندرس الاختلاف بين مفهومين ونعتبره اختلافا جوهريا إذا ما انصب على الفكرة الرئيسية والمبدأ الأساسي أو المسلمة، والنسق المفاهيمي والمشكلات والمناهج، أي عندما نعيد النظر في الأسس الفيزيقية والمنطقية والفلسفية لمفهوم ما، ويفضي بنا هذا إلى تغيير في أداة الاستقراء مع نتائج أو تفسيرات جديدة ومن ثم نظرية مغايرة.

هذا نذر يسير من اعتراضات كثيرة انصبت على كتاب توماس كون «بنية الثورات العلمية» وهى اعتراضات لم تهدمه ولكنها اتخذته منطلقا لإضافات غنية ولأبحاث أكثر ثراء.

**شوقي جلال**

**القاهرة 1992**

## تصدير للمؤلف

الدراسة التالية هي أول تقرير ينشر كاملا عن مشروع بزغت فكرته بداية منذ خمسة عشر عاما على وجه التقريب. كنت آنذاك طالبا بالدراسات العليا، أدرس الفيزياء النظرية وقد أوشكت على الانتهاء من رسالتي لنيل درجة الدكتوراه. وأسعدني الحظ بأن شاركت في مقرر دراسي تجريبي بالجامعة عن علم الفيزياء لغير المتخصصين، فهيأ لي هذا فرصة الاطلاع لأول مرة على تاريخ العلم. وكم كانت دهشتي عظيمة حين وجدت أن اطلاعي على نظريات وممارسات علمية فات أوانها قد هدم جذريا بعض مفاهيمي الأساسية عن طبيعة العلم وأسباب نجاحه الملحوظ.

كان قد سبق لي أن استقيت تلك المفاهيم من خلال تنشئتي العلمية حينا، ومن اهتمامي القديم الخارج عن مجال تخصصي عندئذ بفلسفة العلوم حينا آخر. ولكن تلك الأفكار العامة، أيا كان نفعها التربوي ومعقوليتها المجردة، لا تتلاءم أبدا مع المشروع الذي تكشفت عنه الدراسة التاريخية. بيد أنها كانت ولا تزال أساسية لكثير من المناقشات في العلم، ولذا بدا لي أن قصورها المتكرر عن مطابقة الحقيقة أمر جدير جدا بالاهتمام والمتابعة. وكانت النتيجة تحولاً جذرياً وشاملاً في خططي بشأن ميدان التخصص. المستقبلية، إذ تحولت عن الفيزياء إلى تاريخ العلم، ثم تحولت تدريجيا عن المشكلات التاريخية المباشرة نسبيا لأعود ثانية إلى

تلك الاهتمامات التي يغلب عليها الطابع الفلسفي، والتي سبق أن قادتني بداية إلى التاريخ. وفيما عدا بضع مقالات محدودة. تعتبر هذه الدراسة أول أعمالي المنشورة التي تسودها اهتماماتي الباكرة. وهي في جزء منها محاولة من جانبي لكي أوضح لنفسي ولأصدقائي كيف حدث لي أن انتزعت انتزاعا من العلم إلى تاريخه في مبدأ الأمر.

وقد تهيأت لي أول فرصة لكي أتابع بعمق بعض الأفكار المطروحة فيما يلي بفضل منحة دراسية لمدة ثلاث سنوات كنت خلالها زميلا مستجدا في جمعية الزملاء-So ciety of Fellows بجامعة هارفارد. إذ لولا تلك الفترة من الحرية لكان الانتقال إلى مجال جديد من الدراسة عملا أكثر عسرا بل ولربما كان مستحيلا. فقد نذرت بعض وقتي على مدى تلك السنوات لتاريخ العلم بمعناه الأصيل. وواصلت بوجه خاص دراسة كتابات ألكسندر كواريه Alexandre Koyre. واطلعت لأول مرة على كتابات أميل مايرسون وهلين متسجر وانيليز ماير [1]. وكشفت لي هذه المجموعة على نحو أوضح بكثير مما كشف لي باحثون آخرون معاصرون، عن الصورة التي كان يفكر بها المرء علميا خلال حقبة كانت قواعد الفكر العلمي فيها مغايرة تماما للقواعد السائدة اليوم. وعلى الرغم مما خالجني من شعور بأن شكي يتزايد إزاء بعض تفسيراتهم التاريخية الخاصة فإن مؤلفاتهم، وكذا كتاب أ. أ. لافجوي «سلسلة الوجود العظمى» Lovejoy: Great Chain Of Being كان لها جميعا دور لا يفوقه إلا دور النصوص الأصلية في صياغة مفهومي عن الصورة التي يمكن أن يكون عليها تاريخ الأفكار العلمية.

بيد أنني قضيت قسطا كبيرا من وقتي خلال تلك السنوات في محاولة لاستكشاف مجالات لا تربطها علاقة واضحة بتاريخ العلم، ولكنها مجالات يكشف فيها البحث الآن عن مشكلات تشبه تلك المشكلات التي كان التاريخ يشد انتباهي إليها. وصادفتني حاشية لإحدى الكتب فإذا بها تقودني إلى التجارب التي أجراها جان بياجيه وألقى بها ضوءا كاشفا على كل من مختلف عوامل نمو الطفل وعلى عملية الانتقال من مرحلة إلى مرحلة أخرى من مراحل النمو [2]. وهيأ لي أحد زملائي فرصة قراءة دراسات عن سيكولوجيا الإدراك وبخاصة دراسات علماء مدرسة الجشطلت السيكولوجية. وأطلعني زميل آخر على تأملات ب. ل. ورف Whorf بشأن

أثر اللغة على رؤية الإنسان للعالم. وهداني و. ف. أ. كواين Quine إلى معرفة المعضلات الفلسفية المتعلقة بالتمايز بين ما هو تحليلي وما هو تركيبي [3]. كان هذا هو نوع الاستكشاف الذي يحدث بالصدفة، والذي أتاحته لي جمعية الزملاء، ولولا هذا الاستكشاف لما استطعت أن التقى على غير توقع بتلك الدراسة التي تكاد تكون مجهولة والتي كتبها لودفيك فليك وعنوانها: «ظهور الحقيقة العلمية وتطورها Entstlhung und Enturikiung Einer Wissenchaftlichen Tatsache (بازل 1935) وهي دراسة تستبق الكثير من أفكاري. وجعلتني دراسة فليك، وكذا ملاحظة أبداها زميل آخر من أعضاء المنحة الدراسية وهو فرنسيس ساتون Sutton أدرك أن تلك الأفكار ربما كانت بحاجة إلى أن تعرض في إطار سوسيولوجيا الجماعة العلمية. وإذا كان القارئ لن يجد فيما يلي سوى إشارات قليلة إلى أي من هذه المؤلفات أو المحادثات، فإنني مدين لها بأكثر مما أستطيع الآن أن أقدمه أو أقيمه.

وخلال العام الأخير لي من المنحة الدراسية تلقيت دعوة لكي أحاضر في معهد لوويل Lowell Institute في بوسطن. وهيأت لي هذه الدعوة أول فرصة أضع فيها فكرتي عن العلم، التي كانت لا تزال في طور التكوين موضع الاختبار، وقدمت سلسلة من ثماني محاضرات عامة ألقيتها خلال مارس 1951 موضوعها «البحث عن نظرية لعلم الفيزياء». وفي العام التالي شرعت في تدريس تاريخ العلم بمعناه نظرا لأنها كشفت عن مفاهيم وعمليات تنبثق مباشرة عن تاريخ العلم فقد ثبت أن بحثين اثنين من أبحاث بياجيه لهما أهمية خاصة وهما:

المحدد. وقضيت عقدا كاملا على وجه التقريب مع المشكلات المترتبة على التعليم في مجال لم يسبق لي أن درسته دراسة منهجية. ولم تدع لي هذه المشكلات سوى وقت ضئيل لتنظيم الأفكار التي ساقتني إلى هذا المجال بداية والإفصاح عنها. ولكن لحسن الحظ أثبتت تلك الأفكار أنها مصدر توجيه ضمني وإطار لبنية المشكلات التي تركز حولها قدر كبير من التدريس الذي مارسته على مستوى أعلى. لهذا أجد من حق طلابي على أن أشكرهم لما أفدته من دروس لا تقدر بمال سواء بالنسبة لقابلية تطبيق آرائي أو بالنسبة للتقنيات الملائمة للتعبير عنها بصورة فعالة. وأن هذه المشكلات ذاتها والتوجه نفسه يسبغان وحدة على الجانب الأكبر من

الدراسات التي يغلب عليها الطابع التاريخي ولا تجمع بينها رابطة واضحة، والتي بدأت في نشرها منذ أن انتهت فترة الزمالة. وتتناول دراسات عديدة منها الدور الرئيسي المكمل لهذا المبدأ الفلسفي المجرد أو ذاك، في البحث العلمي الخلاق. وتتناول دراسات أخرى طريقة تراكم الركائز التجريبية لنظرية جديدة، وطريقة استيعابها وتمثلها، لدى الباحثين الملتزمين بنظرية قديمة مناقضة. وتعرض تلك الدراسات خلال هذا كله نمط التطور الذي أطلقت عليه في هذا الكتاب: «بزوغ أو انبثاق نظرية جديدة أو اكتشاف جديد» وثمة روابط أخرى مماثلة غير هذه.

وبدأت المرحلة الأخيرة من هذه الدراسة بدعوة تلقيتها لكي أقضي العام الدراسي (1958-1959) بمركز الدراسات المتقدمة في مجال العلوم السلوكية. وتهيأ لي للمرة الثانية أن أوجه انتباهي كاملا للمشكلات التي سأناقشها فيما بعد. ولعل الأهم من ذلك كله أنني قضيت عاما كاملا وسط مجتمع يضم أساسا علماء متخصصين في العلوم الاجتماعية واجهوني بمشكلات لم أعهدها من قبل تتعلق بأوجه الاختلاف بين هذا الطراز من الجماعات وبين جماعات علماء الطبيعة الذين نشأت بينهم. وأذهلني بوجه خاص كم ومدى الاختلافات الصريحة فيما بين العلماء الاجتماعيين بشأن طبيعة المشكلات والمناهج العلمية المشروعة. وأثار كل من التاريخ والتعرف المباشر شكوكي في أن من يمارسون العلوم الطبيعية لديهم إجابات على هذه المسائل أشد رسوخا أو أكثر دواما وتحديدا مما لدى زملائهم في مجال العلوم الاجتماعية. ومع هذا يمكن القول بصورة أو بأخرى إن ممارسة علوم الفلك أو الفيزياء أو الكيمياء أو الأحياء لا تثير جدالا بشأن القضايا الأساسية كذلك الذي يبدو اليوم واسع الانتشار بين علماء النفس أو علماء الاجتماع على سبيل المثال. وعندما حاولت استكشاف مصدر هذا الاختلاف، قادتني المحاولة إلى إدراك الدور الذي يقوم به في مجال البحث العلمي ما اصطلحت على تسميته منذ ذلك الحين «النماذج الإرشادية» Paradigmsوأقصد بذلك الإنجازات العلمية المعترف بها عالميا والتي تمثل في عصر بذاته نماذج للمشكلات والحلول بالنسبة لجماعة من الباحثين العلميين. وما أن تسنى لي حل هذا الجزء من اللغز الذي حيرني حتى انبثق على الفور مشروع هذه الدراسة.

ولسنا بحاجة إلى أن نعيد سرد ما حدث بعد ذلك بالنسبة لهذا المخطوط. ولكن لا غني عن ذكر كلمات قليلة عن الصورة التي ظل محتفظا بها حتى مع عمليات التنقيح والمراجعة المختلفة. فقد كنت أتوقع، حتى الوقت الذي فرغت فيه من الصياغة الأولي ونقحت الكثير منها، أن المخطوط سوف يظهر كمجلد ضمن «موسوعة العلم الموحد» ولن يكون غير ذلك. وحثني على ذلك أول الأمر المسئولون عن تحرير هذا العمل الرائد. ثم ألزموني بتعهد قطعته على نفسي بذلك-وترقبوا أخيرا الوصول إلى نتيجة، وقد تحلوا بكياسة وصبر فريدين، وإنني لمدين لهم بالكثير، وبخاصة للسيد شارلز موريس الذي لم ين عن تشجيعي وحتى على الاستمرار، وأسدى إليّ النصح والمشورة بشأن المخطوط الذي انتهيت إليه. ولكن نظرا لظروف المساحة المحددة لي في «الموسوعة» فقد بات لزاما على أن أعرض آرائي في صورة مكثفة وعامة إلى أقصى حد. وعلى الرغم من أن الأحداث التالية ساعدت بشكل ما على تخفيف هذه القيود، وجعلت من الممكن إصدار طبعة مستقلة في ذات الوقت، فإن هذا العمل يظل في صورة بحث أكثر منه كتابا كامل الأبعاد على النحو الذي لابد أن يقتضيه موضوع دراستي آخر الأمر.

ونظرا لأن هدفي الأساسي قبل سواه هو العمل بإلحاح وجد من أجل إحداث تغير في إدراك وتقييم المعطيات المألوفة، فلا يتعين أن يكون الطابع التخطيطي العام لهذا العرض الأولى حائلا دون ذلك. وعلى العكس فإن القراء الذين هيأتهم بحوثهم العلمية لتقبل هذا النوع من إعادة التوجه الذي أدعو إليه هنا، قد يجدون صورة الدراسة المعروضة بين أيديهم تجمع بين القدرة على الإيحاء وسهولة الاستيعاب. ولكن لها مثالبها أيضا، وهذا قد يبرر ما أقدمت عليه بادئ ذي بدء حين أوضحت ضروب التوسع عمقا ومجالا والتي آمل أن أضعها آخر الأمر في نص أكثر تفصيلا. ولدي من الشواهد التاريخية ما يفيض على المساحة المتاحة لي هنا. هذا علاوة على أن تلك الشواهد والبيانات استقيتها من تاريخ علم الأحياء وكذا علم الفيزياء. وإذا كنت قد قررت هنا أن أقصر عرض على تاريخ علمي الفيزياء والأحياء فإنما يرجع ذلك جزئيا إلى رغبتي في أن أضاعف من اتساق وتماسك هذه الدراسة، كما يرجع من ناحية أخرى إلى أسباب تتعلق بإمكاناتي الحقيقية.

زد عل ذلك أن النظرة إلى العلم المزمع عرضها هنا توحي بالخصوبة المحتملة لعدد من ضروب البحث الجديدة، التاريخية والاجتماعية على السواء. مثال ذلك أن الطريقة التي تؤدي بها مظاهر الشذوذ أو الخروج على المألوف، وانتهاك ما هو مرتقب إلى جذب المزيد من اهتمام مجتمع علمي إنما تحتاج في دراسة مستفيضة على نحو ما يحدث بالنسبة لبزوغ الأزمات التي قد يسببها الفشل المتكرر في جعل ما هو شاذ متسقا. أو مثال آخر: إنني إذا كنت على صواب في أن كل ثورة علمية تغير المنظور التاريخي للمجتمع الذي يدركها، إذن فان هذا التغير في المنظور حري به أن يؤثر على بنية منشورات البحث العلمي والكتب الدراسية الصادرة بعد الثورة العلمية. ومثل هذه النتيجة-إعادة توزيع الأدب التقني الوارد في الحواشي وتحوله إلى تقارير البحوث العلمية-جديرة بالدراسة باعتبارها مؤشرا محتملا لوقوع الثورات.

وكذلك أرغمتني الحاجة إلى التكثيف الشديد على التجاوز عن مناقشة عدد من المشكلات الأساسية. فإن التمايز الذي اصطنعته بين مرحلتي ما قبل النموذج وما بعده في تطور علم من العلوم إنما هو، على سبيل المثال، تمايز تخطيطي عام للغاية. فكل مدرسة من المدارس العلمية يسبغ عليها تنافسها طابعه المميز خلال المرحلة الباكرة إنما تسترشد بشيء أشبه ما يكون بنموذج إرشادي، وثمة ظروف وملابسات، وإن كنت أراها نادرة الحدوث، يمكن أن يتعايش معها في سلام نموذجان خلال المرحلة التالية. ولكن مجرد امتلاك نموذج إرشادي ليس كاف في حد ذاته كمعيار للانتقال التطوري الذي ناقشناه في الفصل الثاني. والأهم من ذلك، إنني لم أقل شيئا، اللهم إلا في عبارات عارضة موجزة ومتناثرة، عن دور التقدم التكنولوجي أو دور الأوضاع الخارجية الاجتماعية والاقتصادية والفكرية في تطور العلوم. بيد أن المرء ليس بحاجة إلى النظر إلى أبعد من كوبرنيكوس والتقويم الشمسي لاكتشاف أن الأوضاع الخارجية قد تساعد على تحويل شيء لا يعدو كونه مجرد شذوذ إلى مصدر لأزمة حادة. وقد يوضح لنا المثال ذاته كيف أن الظروف الخارجة عن العلوم يمكن أن تؤثر على نطاق البدائل المتاحة لمن يلتمس إنهاء أزمة ما عن طريق اقتراح إصلاح ثوري في صورة أو أخرى [4].

وأحسب أن الدراسة الصريحة لنتائج من هذا الضرب لن تعدل الأطروحات الأساسية التي طرحتها بداية هذه الدراسة. ولكنها سوف تضيف يقينا بعدا تحليليا على أعلى قدر من الأهمية لفهم التقدم العلمي.

أخيرا، ولعل هذا هو أهم الأمور جميعها، فإن قيود المساحة قد أثرت تأثيرا حادا على معالجتي للمضامين الفلسفية لهذه النظرة إلى العلم ذات التوجه التاريخي والتي تعرضها هذه الدراسة. إذ من الواضح أن ثمة مضامين من هذا النوع، وقد حاولت أن أبرزها وأن أوثق الأساسي منها. بيد أنني وأنا أفعل هذا كنت أحجم عادة عن المناقشة التفصيلية لمختلف مواقف الفلاسفة المعاصرين من القضايا المناظرة. وحيثما أشرت إلى النزعة الشكية فإن إشارتي موجهة في الغالب الأعم إلى اتجاه فلسفي عام أكثر منها إلى رأى محدد مكتمل الأركان. ونتيجة لذلك فإن بعض العارفين العاملين في إطار إحدى هذه النظريات المحددة قد يشعرون أنني أخطأت غايتهم. وأحسب أنه قد جانبهم الصواب في شعورهم هذا، غير أن هذه الدراسة لم تضعفي الحسبان مهمة إقناعهم. إذ لو حاولت، لاقتضى ذلك مني كتابا آخر أكبر حجما، ومختلفا تماما عن نوع الكتاب الذي بين يدي القارئ.

وأن المقتطفات المتعلقة بسيرة الحياة التي أوردتها في مستهل هذا التصدير قد تفي بالغرض بشأن الأعراب عن امتناني إزاء ما أقر بأنني مدين به أساسا لكل من أبحاث فترة المنحة الدراسية وللمؤسسات التي ساعدتني على صياغة فكري في صورة محددة. أما بقية الدين فسوف أحاول أن أرده إلى أهله حين أنوه بهم في الصفحات التالية. بيد أن كل ما قلته قبل ذلك أو بعده لا يعدو أن يكون مجرد إلماحة إلى مقدار وطبيعة ما أنا مدين به شخصيا للكثيرين ممن كان لاقتراحاتهم وانتقاداتهم بين وقت وآخر فضل تعزيز وتوجيه تطوري الفكري. لقد مضى زمن طويل منذ أن بدأت تتشكل تلك الأفكار الواردة في هذه الدراسة. ومن ثم فإن أي قائمة شاملة لأسماء جميع من سيجدون عن حق إشارات تشهد بتأثيرهم بين ثنايا صفحات الكتاب ستكون، هذه القائمة، مساوية لأي قائمة شاملة لأساء جميع أصدقائي ومعارفي. وإزاء وضع كهذا أجد لزاما على أن أقصر الحديث على القليل من المؤثرات التي هي أهمها قاطبة، والتي لا يمكن أبدا أن تغفلها ذاكرة جلبت على الخطأ والنسيان.

لقد كان جيمس ب. كونانت Conant، رئيس جامعة هارفارد حينئذ، هو أول من قاد خطواتي إلى تاريخ العلم. وبدأ بذلك التحول في مفهومي عن طبيعة التقدم العلمي. ومنذ أن بدأت تلك العملية كان كريما سخيا معي بأفكاره وانتقاداته ووقته-بما في ذلك الوقت اللازم لقراءة مسودة المخطوط واقتراح تعديلات هامة عليها. وهناك أيضا ليونارد كناش Nash الذي زاملني على مدي خمس سنوات في تدريس المنهج الدراسي ذي التوجه التاريخي الذي بدأه دكتور كونانت. ولقد كان ليونارد ناش رفيق عمل جم النشاط على مدي السنوات التي بدأت تتخلق فيها أفكاري وتأخذ شكلا محددا، وافتقدته كثيرا خلال المراحل الأخيرة من تطور أفكاري هذه. ولكن لحسن الحظ أن مكانه بالنسبة لي كمحاور خلاق يسمعني إلى رجع أفكاري وإلى مدى ما تتمتع به من قبول وفعالية، قد شغله بعد رحيلي عن كامبردج، زميلي في جامعة باركلي ستانلي كافل Cavell. ومما كان حافزا لي وعامل تشجيع دائم لا ينقطع أن كافل هذا، وهو فيلسوف معني أساسا بعلمي الأخلاق والجمال، كان مهيأ للوصول إلى نتائج متسقة تماما مع النتائج التي انتهيت إليها. علاوة على هذا أنه كان الشخص الوحيد الذي كنت أتمكن من أن أسبر أفكاري معه ومن خلاله وهي لا تزال نوعا من الكلم أو جملا منقوصة غير كاملة. وطبعي أن هذا النوع من التواصل الفكري شاهد على ما تحلي به من صدق فهم مكنه من أن يهديني إلى الطريق لاجتياز أو تجاوز العديد من العوائق الكؤود التي اعترضت سبيلي وأنا أعد المخطوط الأول.

وما أن فرغت من إعداد مسودة هذا النص حتى هم أصدقاء كثيرون آخرون بمساعدتي على صياغتها صياغة جديدة. وأحسب أنهم سيغفرون لي إذا اجتزأت بذكر أسماء أربعة فقط كانت إسهاماتهم أبعد أثرا وأكثر حسما، وهم بول فايرابند Feyerabend بجامعة باركلي، وارنست ناجل Nagle بجامعة كولومبيا و هـ. بيير نويس Nayes من معمل لورنس للإشعاع، وتلميذي جون ل. هيلبرون Heilbron الذي ارتبط بي ارتباطا وثيقا خلال إعداد الصيغة النهائية للمطبعة. وقد وجدت في كل ما أبدوه من تحفظات واقتراحات عونا كبيرا لي، ولكنني لا أجد من الأسباب ما يدعوني إلى الاعتقاد (وإن كان عندي منها ما يدعوني إلى الشك) بأن هؤلاء أو غيرهم

ممن ذكرت أسماءهم من قبل، سوف يرضون عن المخطوط كاملا في صورته النهائية التي انتهى إليها.

وأخيرا أعرب عن اعترافي بفضل أبوي وزوجتي وأطفالي، وهو ما لا بد وأن يكون فضلا من نوع آخر. لقد اسهم كل منهم بما أضاف إلى دراستي هذه من مقومات فكرية، بوسائل ربما أكون أنا آخر من يدركها. ولكنهم أسهموا أيضا، وبدرجات متفاوتة، بشيء أجل شأنا. إذ كانوا عونا لي على المضي والاستمرار في عملي، وحثوني على أن أنذر نفسي له. ولا ريب في أن كل من جرب المعاناة في سبيل مشروع مثل مشروعي هذا سوف يدرك مدى ما تكلفوه هم بسببه. ولست أدري كيف أعبر لهم عن امتناني وشكري.

**ت. س. ك**

**جامعة باركلي-كاليفورنيا**

**فبراير 1962**

# ١ مدخل: دور للتاريخ

التاريخ، إذا نظرنا إليه باعتباره شيئا آخر أكثر من الحكايات وسير أحداث الزمان في تتابع الأحقاب، يمكن أن يؤدي إلى تحول حاسم في صورة العلم التي نعيش أسري لها الآن. إذ أن تلك الصورة سبق أن استقاها أساسا الناس بعامة، بل والعلماء أنفسهم، من دراسة الإنجازات العلمية بعد أن اكتملت وعلى النحو الذي سجلته المراجع الكلاسيكية ثم من بعدها الكتب الدراسية التي يتعلم منها كل جيل جديد من الباحثين العلميين كيف يمارس صنعته. ولكن غاية هذه الكتب هو حتما الإقناع والتعليم. ومفهوم العلم الذي نستمده منها لن يزيد على الأرجح، من حيث تطابقه مع المشروع الذي أفضى إليه، عن الصورة التي تكونها عن ثقافة قومية لبلد ما من خلال كتيب دعاية سياحية أو كتاب تعليم لغة هذا البلد. وتحاول هذه الدراسة الإبانة عن أن هذه الكتب قد أضلتنا من نواح كثيرة أساسية. وغاية هذه الدراسة تقديم صورة تخطيطية أخرى عن مفهوم العلم (مخالف تماما لما هو شائع)، مما يمكن أن نستقيه من السجل التاريخي لنشاط البحث العلمي ذاته.

وحتى لو اتخذنا التاريخ. منطلقنا، فلن يكشف

هذا المفهوم الجديد عن نفسه في يسر وسهولة، إذا ما ظللنا نلتمس المعطيات التاريخية ونتفحصها بهدف أساسي هو الإجابة على أسئلة تفرضها الصورة العامة النفطية والمنافية للتاريخ التي تزودنا بها كتب تدريس العلوم. ذلك لأن هذه الكتب الدراسية على سبيل المثال بدت في الغالب وكأنها تفيد ضمنا أن محتوي العلم جاء تماما على شاكلة المشاهدات والقوانين والنظريات المعروضة على صفحاتها، وقاصراً عليها. وتجري دراسة هذه الكتب عادة وكأنها تقول إن المناهج العلمية هي فقط المناهج التي تعبر عنها طرائق البث العلمي التجريبية التي استخدمت لجمع المعلومات التي يعرضها الكتاب الدراسي، علاوة على العمليات المنطقية المستخدمة لربط تلك المعلومات بالقواعد العامة النظرية الواردة في نفس الكتاب. وحصاد هدا مفهوم عن العلم ينطوي على مضامين ذات دلالات عميقة بشأن طبيعة العلم وتطوره.

ولو كان العلم هو جماع الوقائع والنظريات والمناهج التي تشتمل عليها الكتب الشائعة، إذن لكان العلماء هم الرجال الذين جاهدوا، سواء حالفهم التوفيق أم لا، من أجل الإسهام بهذا العنصر أو ذاك من مكونات هذه المجموعة المحددة. وبذا يصبح التطور العلمي هو تلك العملية المؤلفة من أجزاء التي تضاف على مداها تلك الوحدات، فرادى أو جماعات، إلى الرصيد المتنامي دوما الذي يؤلف الأساليب التقنية والمعارف العلمية. ويصبح تاريخ العلم المبحث الذي يحكى وفق تتابع زمني كلا من تلك الإسهامات والإضافات المتوالية وكذا العقبات التي عاقت تراكمها. ويبدو أن المؤرخ المعنى بالتطور العلمي أمامه مهمتين أساسيتين. فمن ناحية يتعين عليه أن يحدد من هو الإنسان الذي اكتشف أو ابتكر الحقيقة العلمية أو النظرية أو القانون العلمي في عصر بذاته وفي أي لحظة زمانية تسني له هذا اكتشاف أو الابتكار. ويتعين عليه من ناحية أخرى أن يصف ويوضح مجموعة الأغلاط والخرافات والأساطير التي حالت دون زيادة سرعة تراكم مكونات موضوع العلم الحديث. وقد نحت غالبية البحوث هذا النحو ولا تزال.

ولكن واجه بعض مؤرخي العلم في السنوات الأخيرة صعوبات أخذت تتزايد باطراد وتحول دونهم والوفاء بالمهام التي ينيطها بهم مفهوم التطور عن طريق التراكم. واكتشفوا، باعتبارهم مؤرخين للمراحل الزمنية لعملية تنمو كميا على نحو تراكمي إن المزيد من البحث يجعل الإجابة أصعب، لا

أيسر، على أسئلة مثل: متى اكتشف الأكسجين؟ ومن أول من تصور فكرة بقاء الطاقة؟ ويظن البعض منهم أن هذين السؤالين ما هما إلا سؤالين من نوع الأسئلة التي نخطئ حين نطرحها. إذ ربما أن العلم لم يتطور عن طريق تراكم اكتشافات والاختراعات الفردية. وفي الوقت ذاته يواجه هؤلاء المؤرخون أنفسهم صعابا ومشكلات متزايدة في سبيل التمييز بين المركبات العامة المكون«العلمي» قي المشاهدات ومعتقدات الماضي وبين ما وصفه أسلافهم من قبل وبصورة قاطعة بأنه«خطأ» «خرافة». وكلما ازدادوا حرصا وتدقيقا في دراستهم مثلا لديناميكا أرسطو أو كيمياء الفلوجستون كلما ازدادوا شعورا بأن تلك الآراء التي كانت سائدة يوما ما عن الطبيعة لم تكن في جملتها أقل علمية، ولا أكثر طواعية للطبيعة الإنسانية من الآراء السائدة اليوم. وإذا كان لا بد وأن نصف تلك المعتقدات التي قدم بها العهد بأنها أساطير، إذن فإن المناهج التي أفضت كلى هذه الأساطير والأسباب التي دعت إلى الإيمان بصدقها هي نفس المناهج والأسباب التي تقودنا الآن إلى المعرفة العلمية. وإذا كان لزاما، على العكس من ذلك، أن ندرجها ضمن مقولة العلم إذن فإن العلم قد اشتمل على مجموعات من العقائد المتناقضة تماما مع العقائد التي نؤمن بها اليوم. وإزاء هذين البديلين لا يجد المؤرخ مناصا من اختيار البديل الثاني. أن النظريات البائدة ليست من حيث المبدأ نظريات غير علمية لأننا نبذناها. بيد أن هذا الخيار يجعل من العسير علينا أن نرى التطور العلمي في صورة عملية متنامية تراكميا. وإن البحث التاريخي الذي يكشف عن مدى الصعوبات التي تواجه تحديد وفرز الابتكارات والاكتشافات الفردية هو نفسه الذي يثير فينا شكوكا عميقة فيما يختص بالعملية التراكمية التي قيل إنها جمعت هذه الإسهامات الفردية في مركب واحد لتؤلف معا العلم.

ومحصلة كل هذه الشكوك والمشكلات حدوث ثورة تتعلق بالمناهج التاريخية في دراسة العلم وإن كانت لا تزال هذه الثورة في مراحلها الأولى. إذ بدأ مؤرخو العلم تدريجيا، ودون أن يدركوا في الغالب ما هم بصدده، يسألون أسئلة من نوع جديد، كما شرعوا في تتبع تطور العلوم عبر مسارات مختلفة وهي غالبا مسارات أقل ما توصف به أنها تراكمية. وبدلا من أن يسعوا بحثا عن الإسهامات الدائمة لعلوم الأقدمين في سبيل تفوقنا الراهن،

نراهم يحاولون بيان التكامل التاريخي لذلك العلم مع عصره الذي نشأ فيه. إذ نراهم على سبيل المثال لا يسألون عن علاقة آراء جاليليو بآراء العلم الحديث، بل عن العلاقة بين آرائه وآراء جماعته أي أساتذته ومعاصريه وخلفائه في العلم الذين جاءوا بعده مباشرة. زد على ذلك إنهم يشددون على دراسة آراء تلك الجماعة وآراء جماعات أخرى مماثلة حسب وجهة نظر-مخالفة عادة لوجهة نظر العلم الحديث-تسبغ على تلك الآراء أعلى قدر من التجانس الداخلي وأقصى قدر من التطابق مع الطبيعة. وإذا نظرنا إلى العلم من خلال الأعمال التي صدرت كمحصلة لهذا الجهد، ولعل أهم ما يمثلها كتابات ألكسندر كويري، فإن العلم يبدو محاولة مختلفة تماما عما ألف عرضه كتاب التراث التاريخي السابقون في كتبهم. إذ توحي هذه الدراسات التاريخية، ولو ضمنا على الأقل، بأن ثمة إمكانية لوضع صورة جديدة عن العلم. وتهدف هذه الدراسة التي بين يدي القارئ إلى أن ترسم بدقة ملامح تلك الصورة من خلال الإفصاح عن بعض مضامين منهج التأريخ الجديد.

ما هي أوجه العلم التي ستبرز ويتمخض عنها هذا الجهد؟ أولا، وحسب ترتيب العرض على الأقل، قصور التوجيهات المنهجية عن أن تضع وحدها نهاية موضوعية وحيدة لكثير من المسائل العلمية. إذ لو طلبنا من شخص أن يدرس الظواهر الكهربائية أو الكيميائية وهو جاهل بهذين المجالين ولكنه يعرف ما هو النهج العلمي في البحث فإنه قد ينتهي بصورة منطقية إلى أي نتيجة من النتائج المتضاربة. ومن بين هذه النتائج الممكن منطقيا نجد أن النتائج الخاصة التي انتهى إليها إنما قد تحددت بفعل خبرته السابقة في مجالات أخرى، وفي ضوء الأحداث العارضة التي صادفته في بحثه وكذلك تكوينه الفردي المميز. ترى ما هي المعتقدات الخاصة بالنجوم، على سبيل المثال، التي ينقلها إلى دراسة الكيمياء أو الكهرباء؟ وأي التجارب الوثيقة الصلة بالمجال الجديد يختارها دون سواها من بين التجارب الكثيرة التي يمكن تخيلها ليجريها أولا قبل غيرها؟ وما هي أوجه الظاهرة المركبة التي نتجت بين يديه تستوقفه باعتبارها وثيقة الصلة بخاصة لتوضيح طبيعة التغير الكيميائي أو طبيعة التجاذب الكهربائي؟ إن الإجابة على أسئلة كهذه، بالنسبة للفرد على الأقل، وبالنسبة للمجتمع العلمي أحيانا،

غالبا ما تكون محددات أساسية للتطور العلمي. وسوف نلاحظ على سبيل المثال في الفصل الثاني أن المراحل التطورية الأولى لأغلب العلوم اتسمت بالتنافس المتصل بين عدد من المفاهيم المتمايزة عن الطبيعة، كل منها مستمد جزئيا مما يمليه المنهج والمشاهدة العلميين، كما وأنها جميعها على وجه التقريب متسقة معهما. وإن ما يميز بين هذه المدارس المختلفة ليس خطأ هذا المنهج أو ذاك-فجميعها«علمية»-بل يميز بينها ما سوف نسميه فيما بعد سبلها غير القياسية في النظر إلى العالم وممارسة العلم فيه. ويمكن للملاحظة والخبرة، بل ويجب عليهما، أن يقيدا وبشدة تطابق المعتقدات العلمية المسموح بها وإلا فلن يكون ثمة علم. ولكن ليس بإمكانهما وحدهما أن يحددا مجموعة خاصة من هذه المعتقدات. إذ من الواضح أن ثمة عنصر تحكمي ناجم عن عوارض شخصية وتاريخية، ويعتبر دائما وأبدا أحد المقومات التكوينية للمعتقدات التي تؤمن بها جماعة علمية محددة في زمن بذاته.

غير أن هذا العنصر التحكمي لا يعني أن جماعة علمية يمكنها أن تعمل وتؤدي دورها بدون مجموعة ما من المعتقدات المعترف بصحتها. كما وأنه لا يغض من شأن مجموعة الأفكار الخاصة التي تلتزم بها في الواقع الجماعة العلمية في فترة زمنية بعينها. إذ نادرا ما يبدأ البحث الحقيقي قبل أن يرى الفريق العلمي أنه تلقى إجابات جازمة على أسئلة مثل: ما هي الكيانات الأولية التي يتألف منها الكون؟ كيف تتفاعل هذه الكيانات مع بعضها البعض وكيف تؤثر على الحواس؟ ما هي الأسئلة المشروعة التي يحق لنا أن نسألها عن هذه الكيانات؟ وما هي التقنيات المستخدمة بحثا عن الحلول؟ أن الإجابات (أو البدائل للإجابات) على أسئلة كهذه في العلوم التي اكتمل نضجها على الأقل، إنما تكمن تماما في التلقين التربوي الذي يهيئ الطالب ويجيز للممارسة المهنية وتخصصه. ونظرا لأن هذا النظام التربوي التعليمي يتسم بالجمود والتزمت معا، فإن هذه الإجابات تنحو نحو فرض سطوة قوية خفية على العقل العلمي. وأن قدرتها على فرض هذه السطوة هي أحد الأسباب الرئيسية للفعالية الخاصة المميزة لنشاط البحث العادي التقليدي أو القياسي ومسار تطوره في أي لحظة زمنية. وسوف نجد أنفسنا، ونحن في معرض دراستنا للعلم القياسي أو العادي التقليدي في الفصول 3

و 4 و 5 أننا بحاجة في النهاية إلى وصف هذا الضرب من البحث بأنه محاولة عنيدة ومتفانية لوضع الطبيعة قسرا في الأطر المفاهيمية التي زودنا بها النظام التربوي التعليمي. وسوف نتساءل في الوقت ذاته عما إذا كان بإمكان البحث أن يتقدم بدون تلك الأطر أيا كان عنصر التحكمية في أصول النشأة التاريخية وأيضا فيما تبع ذلك من تطورات.

أما عن عنصر التحكمية هذا فإنه قائم فعلا، وله أثره الكبير والهام على التطور العلمي وهذا ما سوف ندرسه باستفاضة في الفصول 6 و7 و8. إن العلم القياسي* هو النشاط الذي يرصد له العلماء جل وقتهم ويقوم على افتراض إن المجتمع العلمي يعرف صورة العالم. ويتوقف القدر الأكبر من نجاح المشروع على رغبة هذا المجتمع في الدفاع عن هذا الافتراض، حتى ولو كلفه ذلك كثيرا عند الضرورة. مثال ذلك أن العلم القياسي غالبا ما يقمع الإبداعات الجديدة الأساسية لأنها تدمر بالضرورة التزاماته واعتقاداته الراسخة. ومع ذلك فمادامت تلك الالتزامات محتفظة بعنصر التحكمية فإن طبيعة البحث القياسي ذاتها كفيلة بألا تبقى الجدة طويلا تحت وطأة القمع. ويحدث أحيانا أن إحدى المشكلات العادية والتي ينبغي حلها وفق القواعد والتدابير المعروفة، تقاوم الهجمات المتكررة من جانب أقدر أعضاء الجماعة المنوط بهم أمر تحديها. ويحدث في مناسبات أخرى أن إحدى التجهيزات المعدة خصيصا للوفاء بأغراض البحث العادي تخفق في تحقيق النتائج المرجوة منها كاشفة عن شذوذ لا يجدي معه أي جهد لملاءمته مع ما هو مرتقب من جانب الباحثين المتخصصين. وعلى هذا النحو، وكما يحدث بوسائل أخرى كثيرة، يشذ العلم القياسي ويخرج عن الطريق. وعندما يحدث ذلك-أي عندما يتعذر على أهل العلم إغفال مظاهر الشذوذ لفترة أطول من ذلك وقد باتت تنذر بهدم التقليد الراسخ للممارسة العلمية-هنا تبدأ البحوث غير المألوفة والتي تهدى أهل العلم في آخر المطاف إلى مجموعة جديدة من المعتقدات، أي إلى أساس جديد لممارسة العلم في التطبيق العملي. وهذه السلسلة من الأحداث الخارجة عن المألوف والتي تقع خلالها تلك النقلة المتمثلة في تعديل الاقتناعات لدى أهل الاختصاص هي الأحداث التي تصفها هذه الدراسة بأنها ثورات علمية. إنها ثورات تزلزل التقليد، وتكمل النشاط المرتبط بتراث العلم القياسي.

ونجد أوضح أمثله على الثورات العلمية في تلك الأحداث الشهيرة التي عرفها التطور العلمي وسبق وصفها في الغالب بأنها ثورات. ولهذا فإننا في الفصلين التاسع والعاشر، حيث نلقى لأول مرة نظرة مباشرة ومدققة على طبيعة الثورات العلمية، سوف نعرض مرة بعد أخرى لنقاط التحول الأساسية والحاسمة في التطور العلمي والتي اقترنت بأسماء كوبرنيكوس ونيوتن ولافوازييه وآينشتين. ولعل نقاط التحول هذه تفضل كثيرا غالبية الأحداث الأخرى التي شهدها على الأقل تاريخ العلوم الطبيعية لبيان حقيقة الثورات العلمية جميعها. فإن كل حالة من تلك الحالات حتمت على المجتمع العلمي رفض إحدى النظريات العلمية التي تحظى بالتكريم في عصرها،، وذلك لحساب نظرية أخرى مناقضة لها. وأدى كل منها إلى حدوث تحول عام في المشكلات المطروحة للبحث العلمي وفي المعايير التي يحدد بمقتضاها رجال العلم ما ينبغي أن يروه كمشكلة مجازة أو كحل مشروع لها. وأحدث كل منها تحولا في الخيال العلمي وفق أساليب سوف نحتاج في نهاية المطاف إلى وصف هذا التحول بأنه تحول للعالم والذي يدور في إطاره النشاط العلمي. ومثل هذه التحولات وما يقترن بها دائما على الأرجح من جدل وخلاف في الرأي هي الخصائص المميزة للثورات العلمية.

وتظهر هذه الخصائص أوضح ما تكون من خلال دراسة الثورة النيوتونية أو الثورة الكيميائية على سبيل المثال. بيد أن من الأطروحات الأساسية في هذه الدراسة ما يقضي بأن بالإمكان تبيان تلك الخصائص من خلال دراسة أحداث أخرى كثيرة لم تكن بنفس القدر من الوضوح من حيث طابعها الثوري. فقد كانت معادلات ماكسويل ثورة بنفس قدر معادلات آينشتين بالنسبة للحلقة الضيقة من فريق العلماء الذين تأثروا بها وأثارت نفس القدر من المقاومة. وأن ابتكار نظريات أخرى جديدة من شأنه أن يستثير عادة وعلى نحو ملائم ذات الاستجابة من جانب بعض المتخصصين ممن يرون أنها تتعارض مع مجالات تخصصهم. ففي نظر هؤلاء أن النظرية الجديدة تعني ضمنا تحولا في القواعد التي تحكم ممارسة العلم القياسي حتى وقت صدورها. وأنها بالتالي تؤثر حتما على القسط الأكبر من النشاط العلمي الذي أتموه هم بنجاح. وهذا هو السبب في أن كل نظرية جديدة، ومهما كان نطاق تطبيقها متخصصا، ليست أبدا، أو نادرا ما تكون مجرد

إضافة كمية لما هو معروف مسبقا. ويستلزم استيعابها تجديد بناء النظرية السابقة عليها، كما يقتضي إعادة تقييم الوقائع السابقة وهو ما يعني عملية ثورية أصيلة نادرا ما تكتمل على يد رجل واحد أو أن تتم فجأة بين عشية وضحاها. ومن ثم فلا عجب إذ يواجه المؤرخون صعوبة في تحديد تاريخ دقيق لبداية هذه العملية الممتدة، وأن تضطرهم مفردات لغتهم إلى النظر إليها باعتبارها حدثا منعزلا وليست ابتكارات النظريات الجديدة هي الأحداث العلمي الوحيدة التي لها أثر ثوري على الأخصائيين الذين يشهد مجال تخصصهم وقائع تلك الابتكارات. ذلك أن الالتزامات التي تحكم العلم القياسي لا تحدد فقط أي الكيانات يشتمل عليها الكون، بل تشير ضمنا أيضا إلى الكيانات التي لا يشتمل عليها. ويلزم عن ذلك، وأن كانت هذه نقطة ستحتاج منا إلى مناقشة مستفيضة، أن اكتشافا ما مثل اكتشاف الأكسجين أو الأشعة السينية ليس مجرد إضافة بند جديد إلى عناصر دنيا أي عالم من العلماء. إن له في نهاية المطاف ذلك التأثير، ولكن ليس قبل أن يعيد مجتمع العلم تقييم الإجراءات التجريبية التقليدية، فيغير من فهمه للكيانات التي ألفها زمنا طويلا، ويحول من خلال هذه العملية شبكة النظريات التي يتعامل من خلالها مع العالم. إن الحقيقة العلمية والنظرية العلمية غير قابلتين للانفصال صورة مطلقة إلا على الأرجح داخل إطار تقليد خاص للممارسة العلمية القياسية. وهذا هو السبب في أن الاكتشاف الذي يأتي عن غير توقع يصطبغ بأهمية تتجاوز الوقائع. وهو السبب أيضا في أن دنيا العالم البحاثة تتحول كيفيا مثلما تثري كميا بفضل الإبداعات الأساسية في مجال الواقع والنظرية على السواء.

هذا الفهم الموسع لطبيعة الثورات العلمية هو ما سوف نعرضه في الصفحات التالية. ومن المسلم به أن التوسع يطغى على حدود الاستعمال المتعارف عليها. بيد أنني سوف أواصل الحديث مع هذا عن الاكتشافات باعتبارها أحداثا ثورية، ذلك لأن إمكانية ربط بنيتها ببنية الثورة، ولنقل مثلا بالثورة الكوبرنيكية، هي تحديدا ما يجعلني أرى الفهم الموسع أمرا غاية في الأهمية ويبين الحوار السابق على أي نحو سنعرض في الفصول التسع التالية بعد ذلك مباشرة المفاهيم المكملة للعلم القياسي وللثورات العلمية وسنحاول في الجزء الباقي من الدراسة أن نحسم المسائل الرئيسية

الثلاثة المتبقية. ففي الفصل الحادي عشر سنناقش تراث الكتاب الدراسي، وسوف نحاول من خلال هذا النقاش أن نفهم لماذا كان من الصعوبة بمكان في الماضي تبيان الثورات العلمية. ونعرض في الفصل الثاني عشر التنافس الثوري بين أنصار التقليد العلمي القياسي القديم وبين دعاة النظرية الجديدة، ومن ثم فهو ينظر في العملية التي يمكن لها بصورة أو بأخرى أن تبدل، في المجال النظري للبحث العلمي إجراءات الإثبات أو الدحض التي أضحت مألوفة لنا نتيجة صورة العلم التي اعتدناها. إن التنافس بين قطاعات المجتمع العلمي هو العملية التاريخية الوحيدة التي تفضي عمليا دائما وأبدأ إلى رفض نظرية كانت موضوع قبول وتسليم في الماضي وإقرار نظرية أخرى. وهناك أخيرا الفصل الثالث عشر والذي نسأل فيه عن الكيفية التي يكون بها التطور من خلال الثورات متسقا مع الطابع الفريد الظاهر للتقدم العلمي. غير أن دراستنا لن تقدم إجابة على هذا السؤال سوى خطوطا عامة عريضة، وهي إجابة تعتمد على خصائص، المجتمع العلمي، ومن ثم فهي بحاجة إلى مزيد من الاستكشاف والدراسة.

لا ريب في إن بعض القراء قد تساءلوا فيما بينهم وبين أنفسهم عما إذا كان يمكن للدراسة التاريخية أن تحدث مثل هذا النوع من التحول المفاهيمي المستهدف هنا. إن ثمة ترسانة كاملة من التقسيمات الثنائية للأنواع تفيد بأن ليس بالإمكان ذلك على نحو ملائم تماما. وكثيرا ما تردد القول إن التاريخ مبحث وصفي خالص. غير أن الأطروحات التي أسلفنا الإشارة إليها هي في الغالب أطروحات تأويلية، كما وأنها معيارية أحيانا. وأعود لأقول ثانية إن الكثير من التعميمات التي انتهيت إليها تدخل في الدراسة الاجتماعية (سوسيولوجيا) أو الدراسة النفسية الاجتماعية عن العلماء. ومع هذا فإن بعض النتائج التي توصلت إليها على الأقل تدخل تقليديا ضمن مبحث المنطق أو نظرية المعرفة. بل ربما أبدو في الفقرة السابقة وكأنني خرجت عن النهج العصري، وهو نهج واسع النفوذ، والذي يميز بين«سياق الاكتشاف» وبين«سياق التبرير» ترى هل يمكن أن يدل هذا المزيج من المجالات والاهتمامات المتباينة على أي شيء آخر أكثر من التشوش العميق؟

إنني وقد بدأت حياتي الفكرية، أو فطمت فكريا على هذه التمايزات

وعلى تمايزات أخرى مماثلة لها، وجدت عسيرا جدا عليّ أن أكون أكثر وعيا بأهميتها وقوتها. لقد نظرت إليها سنوات طويلة باعتبار أنها أمر يتعلق بطبيعة المعرفة. ولا أزال أعتقد، وهو اعتقاد صيغ في صورة جديدة ملائمة، إنها تنطوي على شيء هام تفيدنا به. غير أن محاولاتي لتطبيقهما، ولو إجمالا، على المواقف الفعلية التي هي مصدر المعرفة التي نكتسبها ونقبلها ونتمثلها، قد جعلتها تبدو في صورة إشكالية غير عادية. فبدلا من أن تكون تمايزات أولية منطقية أو منهجية، ومن ثم تكون بوصفها هذا سابقة على تحليل المعرفة العلمي، إذا بها تبدو الآن جزءا لا يتجزأ من مجموعة تقليدية من إجابات أساسية على ذات الأسئلة التي بنيت عليها. وليس من شأن هذا الوضع الدوراني في التفكير أن ينسخها أو يسقط عنها بعض قيمتها على الإطلاق، بل إنه يجعلها عناصر من نظرية. وهو حين يفعل هذا يخضعها لذات عملية الفحص والتدقيق التي تخضع لها بصورة منتظمة النظريات في مجالات البحث الأخرى. وإذا انطوى محتواها على ما هو أكثر من التجريد المحض فسوف يصبح لزاما علينا اكتشاف ذلك المحتوى عن طريق ملاحظتها في ضوء مطابقتها للوقائع التي تستهدف هي توضيحها. والسؤال كيف يعجز تاريخ العلم عن أن يكون مصدرا للظواهر التي يمكن أن نلتمس بصورة مشروعة تطبيق نظريات المعرفة عليها؟

# 2 السبيل إلى علم قياسي

عبارة«علم قياسي» في هذه الدراسة تعني البحث الذي رسخ بنيانه على إنجاز، أو أكثر، من إنجازات الماضي العلمية. وهي إنجازات يعترف مجتمع علمي محدد، ولفترة زمنية، بأنها تشكل الأساس لممارساته العلمية مستقبلا. وتعيد اليوم كتب العلوم الدراسية، الأولية منها والمتقدمة، عرض هذه الإنجازات، ولكنها نادراً ما تعرضها في صورتها الأصلية التي نشأت عليها. فهذه الكتب الدراسية تشرح مجمل النظرية المتفق عليها، وتوضح الكثير من تطبيقاتها الناجحة، أو جميع هذه التطبيقات، وتقارنها بمشاهدات وتجارب كنماذج لها. وقبل أن تصبح هذه الكتب أمرا شائعا في مطلع القرن التاسع عشر (بل وحتى عهد قريب جدا بالنسبة للعلوم التي اكتمل دمجها حديثا)، كان الكثير من الكلاسيكيات العلمية الشهيرة هي التي تقوم بمثل هذا الدور. فهناك كتاب«الفيزيقا» لأرسطو وكتاب«المجسطي» لبطليموس وكتاب«أسس الرياضيات» أو«البرنكيبيا» وكتاب«البصريات» لنيوتن، وكتاب«الكهرباء» لفرانكلين و«الكيمياء» تأليف لافوازييه و«الجيولوجيا» تأليف لييل. فهذه الكلاسيكيات وكثير غيرها أفادت الأجيال التالية

من المشتغلين بالعلم وعلى مدى حقبة طويلة من الزمن في تحديد المشكلات والمناهج الحقيقية لأحد مجالات البحث العلمي. واستطاعت أن تقوم بهذه المهمة لأنها جمعت بين خاصيتين جوهريتين. كانت إنجازاتها عظيمة الشأن غير مسبوقة مما يؤهلها لكسب أنصار دائمين لها وصرفهم عن أساليب أخرى منافسة لها في النشاط العلمي. وكانت في الوقت ذاته مفتوحة رحبة لم تزعم أنها فصل الخطاب بل فتحت الباب لجميع أنواع المشكلات لكي يتولى حلها فريق المشتغلين بالعلم بمفهومه الجديد.

وسوف أشير من الآن فصاعدا إلى الإنجازات التي تجمع هاتين الخاصيتين بوصفها«نماذج إرشادية». ويرتبط هذا المصطلح ارتباطا وثيقاً بعبارة«العلم القياسي». وحين آثرت هذا المصطلح قصدت إلى القول بأن بعض الأمثلة المقبولة للممارسة العلمية-الأمثلة التي تشتمل معا على القانون والنظرية والتطبيق وطرق استخدام الآلات-تعطينا نماذج تنبع منها تقاليد متجانسة ومتميزة للبحث العلمي. وهذه هي التقاليد التي يعرفها المؤرخون تحت عناوين مثل«الفلك عند بطليموس» (أو عند كوبرنيكوس) و«الديناميكا عند أرسطو» أو (ديناميكا نيوتن) و«البصريات الجسيمية» (أو«البصريات الموجية»).... الخ. وأن دراسة النماذج، بما في ذلك الكثير منها الذي يتميز بأنه أكثر تخصصا من تلك النماذج التي أسلفنا ذكرها بقصد التوضيح، هي التي تفيد أساسا في إعداد الطالب ليكون أهلا لعضوية أحد المجتمعات العلمية المتميزة التي سوف يمارس صنعته أو تخصصه من خلالها مستقبلا. ونظرا لأنه يرتبط في هذه المجتمعات برجال درسوا واستوعبوا الأسس التي يقوم عليها مجال تخصصهم من خلال هذه النماذج الموضوعية ذاتها، فإن ممارسته للعلم فيما بعد لن تؤدى، إلا نادراً، إلى أي اختلاف صريح بشأن المبادئ الأولية، فإن الباحثين الذين يركزون أبحاثهم على نماذج مشتركة فيما بينهم ملتزمون بذات القواعد والمعايير-للممارسة العلمية. وهذا الالتزام، وما ينجم عنه من إجماع واضح في الرأي، يمثلان الشروط الأولية للعلم القياسي، أعني شروط نشوء واستمرارية تقليد بحثي بذاته.

وحيث أن مفهوم«النموذج الإرشادي» في هذه الدراسة سيكون في الغالب بديلا عن مجموعة متنوعة من الأفكار العامة المألوفة لذا نجد لزاما أن نفيض في حديثنا لبيان أسباب استخدام ذلك المفهوم. لماذا يكون الإنجاز

العلمي المحدد، وكأنه مركز التقاء مهني، سابقا على مختلف المفاهيم والقوانين والنظريات ووجهات النظر التي يمكن استخلاصها منه؟ وبأي معنى يشكل النموذج الإرشادي المشترك وحدة أساسية لدارسي التطور العلمي، وحدة لا يمكن ردها كاملة إلى مكونات ذرية منطقية يمكن أن تحل محلها وتعمل بديلا عنها؟ سوف نلتقي بهذين السؤالين في الفصل الخامس حيث نرى أن الإجابة عليهما وعلى أسئلة أخرى غيرهما ومماثلة لهما لمثل ركيزة أساسية لفهم كل من العلم القياسي ومفهوم النماذج الإرشادية المقترنة به. وهذا بحث يغلب عليه الطابع التجريدي ولكنه رهن بما نعرضه بداية من أمثلة عن العلم القياسي أو عن النماذج الإرشادية وهي في موضع التطبيق. وسوف نعني بوجه خاص بتوضيح كل من هذين المفهومين المترابطين وذلك عن طريق الإبانة عن إمكانية وجود نوع من البحث العلمي بدون نماذج إرشادية، أو على الأقل بدون نماذج إرشادية ملزمة مثل تلك التي أسلفنا ذكرها. إن الوصول إلى نموذج إرشادي وإلى ما يتيحه من نمط للبحث أشد تخصصا هو علامة نضج في تطور أي مجال علمي محدد.

وإذا تتبع المؤرخ في اتجاه عكسي نحو الماضي تاريخ المعارف العلمية لأي مجموعة مختارة من الظواهر المترابطة فإنه قد يصادف على الأرجح ضربا ثانويا مختلفا لنمط عملية استشهدنا بها هنا من تاريخ البصريات الطبيعية. فإن كتب الفيزياء الدراسية المتداولة اليوم تقول للطالب إن الضوء عبارة عن فوتونات أي كيانات ميكانيكية كمية «كوانطية» تكشف عن بعض خصائص الموجات وبعض خصائص الجزئيات. ويمضي البحث قدما على هذا النسق، أو بمعنى أصح على نسق التشخيص الرياضي والأكثر دقة وإحكاما والذي استقى منه الباحثون هذا التعريف المألوف. بيد أن هذا الوصف لخصائص الضوء هو وصف قديم مضى عليه قرابة نصف قرن. وقبل أن يستحدث ماكسي بلانك وآينشتين وغيرهما هذا الوصف في مطلع القرن العشرين، كانت كتب الفيزياء تعلم الطلاب أن الضوء حركة موجية مستعرضة. وهذا التصور نابع من نموذج إرشادي مستمد أساسا من كتابات كل من يونج وفريزنل عن البصريات في أوائل القرن التاسع عشر. ولم تكن أيضا النظرية الموجية هي أول ما استوعبه جل المشتغلين بعلم البصريات. إذ أن النموذج الإرشادي الخاص بهذا المجال في القرن الثامن عشر النموذج الإرشادي

الذي صاغه كتاب«البصريات» تأليف نيوتن والذي يعلم الطلاب أن الضوء جسيمات مادية. والتمس علماء الطبيعة آنذاك الدليل على ذلك، وهو ما لم يفعله أصحاب النظرية الموجية الأوائل، من الضغط الذي تكشف عنه جزيئات الضوء عند ملامستها للأجسام الصلبة [1].

هذه التحولات التي تعاقبت على النماذج الإرشادية لعلم البصريات هي ثورات علمية. والانتقال المتعاقب من نموذج إرشادي إلى آخر من خلال ثورة هو النمط العادي لتطور العلم الناضج. ولكنه ليس هو النمط المميز لحقبة ما قبل جهود نيوتن. وهذا هو التقابل الذي يعنينا هنا. إننا لو تأملنا التاريخ فيما بين الماضي البعيد ونهاية القرن السابع عشر فلن نجد أي فترة زمنية قد شهدت اتفاقا عاما في الرأي بشأن طبيعة الضوء. بل نجد بدلا من ذلك عددا من المدارس الكبرى والمدارس الفرعية المتنافسة وقد زاوجت غالبيتها بين نوع وآخر من نظريات أبيقور أو أرسطو أو أفلاطون. ذهب فريق إلى أن الضوء جزئيات تنبعث من أجسام مادية، واعتقد فريق آخر أن الضوء تعديل في الوسط الواصل بين الجسم والعين، بينما فسر فريق ثالث الضوء على أساس أنه تفاعل بين الوسط المحيط وبين انبعاث صادر عن العين، هذا علاوة على توليفات وتعديلات أخرى. واستمدت كل مدرسة قوتها من خلال ارتباطها بمذهب ميتافيزيقي محدد. واستندت كل منها على مشاهدات مبنية على نموذج إرشادي للتأكيد على مجموعة بذاتها من الظواهر البصرية التي يتسنى لنظريتها الخاصة أن تفسرها على نحو أفضل من سواها. وهناك مشاهدات أخرى رؤى أنها تفصيلات معقدة خاصة بالموضوع، أو أنها بقيت كمشكلات معلقة لحين إجراء المزيد من البحث [2].

وقدمت جميع هذه المدارس في أزمنة مختلفة إسهامات جليلة أضافتها إلى مجموع المفاهيم والظواهر والتقنيات التي استمد منها نيوتن النموذج الإرشادي الأول لعلم البصريات الطبيعية والذي حظي بموافقة إجماعية على وجه التقريب. وإن أي تعريف لمعنى الباحث العلمي يستبعد أكثر أعضاء هذه المدارس المختلفة إبداعا سوف يستثنى بالمثل خلفاءهم المحدثين. فلقد كان هؤلاء الرجال علماء. ومع هذا فإن أي باحث يتأمل عرضا استقصائيا لعلم البصريات الطبيعية قبل نيوتن قد ينتهي إلى القول بأنه على الرغم من أن المشتغلين في هذا المجال كانوا علماء، إلا أن النتيجة الخالصة

لنشاطهم لم تكن من العلم في شيء. ونظرا لأن أي باحث في مجال البصريات الطبيعية لا يسعه أن يأخذ بأي مجموعة من المعتقدات المشتركة مأخذ التسليم لذا يجد نفسه مجبرا على أن يبدأ بناء مجال بحثه من أساسياته الأولية من جديد. وحين يفعل ذلك يشعر بقدر من الحرية النسبية في اختيار المشاهدات والتجارب التي تعزز نظريته طالما لا توجد مناهج بحث معيارية أو ظواهر معيارية يتعين على كل مؤلف في البصريات الالتزام بها وتفسيرها. ومن ثم، وفي ضوء هذه الظروف، كان الحوار الذي تضمنته الكتب التي تألفت نتيجة لذلك، موجها في الغالب الأعم إلى أعضاء المدارس الأخرى بقدر ما هو موجه إلى الطبيعة. وهذا نمط مألوف في أيامنا هذه في عدد من مجالات البحث الإبداعي، فضلا عن أنه لا يتعارض مع أي اكتشاف أو إبداع هام. ومع هذا فإنه ليس هو نمط التطور الذي سارت عليه البصريات الطبيعية بعد نيوتن والذي جعلت منه العلوم الطبيعية الأخرى اليوم نمطاً مألوفاً.

ويقدم لنا تاريخ البحث العلمي في مجال الكهرباء خلال النصف الأول من القرن الثامن عشر مثالا أكثر تحديدا وشيوعا عن السبيل التي يتطور من خلالها العلم قبل التوصل إلى أول نموذج إرشادي مقبول ومعترف به من الجميع. إذ شهدت هذه الفترة الكثير من الآراء عن طبيعة الكهرباء بقدر ما شهدت من أعداد الباحثين البارزين التجريبيين في مجال الكهربية. فقد كان هناك رجال من أمثال هوكسبي (Hauksbee) وجراي (Gray) وديزاجوليير (Desaguliers) ودي فاي (Du fay) ونوليه (Nollett) (وواطسن (Watson) وفرانكلين (Franklin) وغيرهم. وكان هناك شيء مشترك بين جميع ما قدموه من مفاهيم عديدة عن الكهرباء-إذ كانت مستمدة جزئيا من صيغة أو أخرى من صيغ الفلسفة الجسيمية الميكانيكية التي استرشدت بها جميع البحوث العلمية وقتذاك. علاوة على هذا أنها كانت جميعها من مكونات نظريات علمية حقيقية، أي نظريات تم التوصل إليها جزئيا عن طريق التجربة والمشاهدة، فضلا عن أنها حددت جزئيا أيضاً اختيار وتفسير مشكلات جديدة إضافية اضطلع بها البحث. ولكن على الرغم من أن جميع التجارب كانت خاصة بالكهربية، وعلى الرغم من أن غالبية الباحثين الذين أجروا التجارب قد اطلعوا على مؤلفات بعضهم بعضا، إلا أن نظرياتهم لم

يكن بينها وبين بعضها من شبه يتجاوز الشبه بين أفراد الأسرة الواحدة[3].

لقد كانت إحدى مجموعات النظريات الأولى التي ظهرت عقب ممارسات القرن السابع عشر تعتبر التجاذب في الكهرباء الاستاتيكية وتوليد الكهرباء عن طريق الاحتكاك بين الظاهرتين الأساسيتين. واتجهت هذه المجموعة إلى اعتبار التنافر كنتيجة ثانوية ناتجة عن نوع من الارتداد الميكانيكي، كما رأت أن ترجئ إلى أطول مدى ممكن الحوار أو البحث المنهجي بشأن النتيجة التي اكتشفها حديثا«جراي» وهي التوصيل الكهربي. واعتبر«الكهربائيون» (وهذه الكلمة اصطلاح أطلقوه هم على أنفسهم) التجاذب والتنافر على السواء مظهرين أوليين من مظاهر الكهرباء، ومن ثم عمدوا إلى تعديل نظرياتهم وأبحاثهم بما يتفق مع هذا الرأي. (وواقع الأمر أن هذه المجموعة صغيرة العدد جدا-بل إن نظرية فرانكلين لم تفسر بوضوح تام التنافر المتبادل بين جسمين بهما شحنة كهربية سالبة). ولكنهم واجهوا صعوبات بنفس القدر الذي واجهته المجموعة الأولى عندما عمدوا في ذات الوقت إلى تفسير نتائج التوصيل الكهربي، باستثناء أبسط أشكاله. ولكن تلك النتائج هيأت لجماعة علمية ثالثة نقطة الانطلاق التي تبدأ منها، وهذه جماعة اتجهت إلى الحديث عن الكهرباء باعتبارها«سيال» يمكن أن يسري عبر موصلات وليست بخارا يفوح أو ينبعث من غير الموصلات. وواجهت هذه الجماعة العلمية بدورها صعوبة خاصة التوفيق بين نظريتها وبين عدد من نتائج التجاذب والتنافر. ولولا جهود فرانكلين وخلفائه الذين جاءوا من بعده مباشرة لما ظهرت نظرية قادرة على تفسير كل هذه النتائج بسهولة متكافئة تقريبا، ومن ثم تيسر لها أن تزود، وزودت بالفعل، جيلا جديدا تاليا من«الكهربائيين» بنموذج إرشادي مشترك استرشدوا به في أبحاثهم.

وإذا استبعدنا مجالات بحث مثل الرياضيات والفلك التي يرجع عهدها بأول نماذج إرشادية كاملة إلى ما قبل التاريخ، وإذا استبعدنا أيضاً مجالات أخرى مثل الكيمياء الحيوية، التي نشأت بفعل انقسام وإعادة اتحاد تخصصات اكتملت ونضجت، إذا فعلنا هذا سيبين لنا أن المواقف التي أسلفنا وصفها بإيجاز متطابقة تاريخيا. وعلى الرغم من أن هذا يدفعني، على الرغم مني، إلى استخدام طريقة التبسيط المؤسفة التي تربط حدثا تاريخيا امتد زمناً طويلاً بأحد الأسماء الفريدة التي يجري اختيارها على

نحو تعسفي (كأن أقول مثلا نيوتن أو فرانكلين) إلا أنني أرى أن اختلافات أساسية مماثلة ميزت على سبيل المثال دراسة الحركة قبل أرسطو والاستاتيكية قبل أرشميدس ودراسة الحرارة قبل بلاك، والكيمياء قبل بويل وبويرهاف، ودراسة الجيولوجيا التاريخية قبل هتون. والملاحظ في بعض فروع علم الأحياء-دراسة الوراثة على سبيل المثال-إن أول النماذج الإرشادية التي حظيت بقبول عام لا تزال حديثة العهد جدا. ولا يزال السؤال مطروحا على بساط البحث بشأن أي فروع العلم الاجتماعي حققت حتى الآن مثل هذه النماذج الإرشادية لنفسها. ويفيد التاريخ أن السبيل إلى اتفاق كامل في الآراء بشأن البحوث أمر شديد العسر على نحو غير مألوف.

ولكن التاريخ يوحي إلينا أيضا ببعض أسباب الصعوبات التي تصادفنا في هذه السبيل. ففي حالة عدم وجود نموذج إرشادي أو عدم وجود اللبنات الأولى لما يمكن أن يكون نموذجا إرشاديا بديلا فيما بعد، فإن جميع الوقائع التي يمكن أن تسهم بدور في تطور علم ما تبدو جميعها على قدم المساواة من حيث الأهمية. ونتيجة لذلك فإن المرحلة الباكرة من جمع الوقائع تبدو أقرب ما تكون إلى النشاط العشوائي بالقياس إلى الطريقة التي باتت مألوفة لنا بفضل ما حققه العلم من تطور في المرحلة المتأخرة. زد على ذلك أنه نظرا لانتفاء جميع الأسباب الداعية إلى التماس معلومات أكثر عسرا وإبهاما، فقد كانت المرحلة الأولى من جمع الوقائع قاصرة عادة على ثروة من المعطيات التي يسهل التأكد منها. ويشتمل رصيد الوقائع الناتج عن ذلك على تلك على الوقائع التي يمكن إخضاعها للمشاهدة والتجربة العرضيتين بالإضافة إلى بعض المعطيات الأكثر تخصصاً التي توفرها الحرف القائمة مثل الطب وعمل التقاويم (علم تقسيم الأزمنة وحساب المواقيت-المترجم) والتعدين. وحيث أن المهن الفنية هي بالفعل مصدر ميسور للوقائع التي لم يكن بالإمكان اكتشافها على نحو عرضي فقد قامت التكنولوجيا في الغالب بدور حيوي في سبيل ظهور علوم جديدة.

ولكن على الرغم من أن هذا الأسلوب في جمع الوقائع كان حيويا لنشأة الكثير من العلوم الهامة، إلا أن كل من يفحص ويدقق على سبيل المثال في كتابات بليني الموسوعية أو في دراسات بيكون عن التاريخ الطبيعي في القرن السابع عشر سوف يكتشف أنها أفضت إلى خليط مشوش. وقد

يتردد المرء في أن يسبغ على الدراسات الناتجة عن ذلك صفة العلمية. إن«الروايات التاريخية» التي يحكيها بيكون عن الحرارة واللون والرياح واستخراج المعادن وغير ذلك زاخرة بمعلومات بعضها مبهم عسر الفهم. ولكن كل ما فعلته أنها كدست وقائع سيثبت بعد ذلك أنها خصبة ملهمة (مثل التسخين عن طريق الخلط) بالإضافة إلى وقائع أخرى (مثل الحرارة المنبعثة من أكوام الروث) والتي ستبقى حينا من الزمن أمرا شديد التعقيد بحيث يتعذر دمجه في أي نظرية على الإطلاق [(4)]. علاوة على هذا فإن أي وصف هو بالضرورة وصف جزئي، ولذا فإن التاريخ الطبيعي النموذجي غالبا ما يسقط من سرده المسهب الزاخر بالأحداث تلك التفصيلات التي سيبين للعلماء فيما بعد أنها مصدر إلهام له شأن كبير. فنحن لا نكاد نجد تقريبا بين«الروايات التاريخية» الأولى عن الكهرباء أي ذكر على سبيل المثال لواقعة أن القشة حال انجذابها إلى قضيب زجاجي بعد تدليكه، تقفز مرتدة بعيدا عنه مرة ثانية. وبدا هذا الحدث حدثا ميكانيكيا وليس كهربيا [(5)]. علاوة على هذا فإن الباحث الذي كان يجمع الوقائع بصورة عرضية نادرا ما كان يملك الوقت أو الأدوات اللازمة التي تمكنه من أن ينظر نظرة نقدية، لذا فإن سجل روايات التاريخ الطبيعي غالبا ما يكدس روايات مثل تلك الروايات التي أسلفنا ذكرها توا بالإضافة إلى غيرها، مثل التسخين عن طريق الحركة التقلصية الديدانية المعكوسة (أو التبريد) والتي نعجز اليوم عن التثبت منها [(6)]. وهذا لا يحدث إلا عرضا على فترات متباعدة تماما، على نحو ما كان يحدث في الدراسات القديمة في مجال الاستاتيكا والديناميكا والبصريات الهندسية أن نجد الوقائع التي تم جمعها دون استرشاد، إلا في أضيق الحدود، بنظرية معترف بها ومستقرة مسبقا، تعبر بوضوح كاف على نحو يتيح الفرصة لظهور أول نموذج إرشادي.

هذا هو الموقف الذي يؤدي إلى نشأة المدارس المميزة للمراحل الأولى من تطور علم من العلوم. فليس بالإمكان تفسير أي تاريخ طبيعي مع غياب أدنى حد ضمني من المعتقدات النظرية والمنهجية المتكاملة والتي يدعم بعضها بعضا وتسمح بالاختيار والتقييم والنقد. وإذا لم تكن هذه المجموعة من المعتقدات قائمة ضمن حصاد الوقائع التي تم جمعها-بحيث يتجاوز ما بين أيدينا«الوقائع الخام»-إذن يتعين توفيرها وإضافتها من خارج، ربما عن

طريق نظرة غيبية«ميتافيزيقا» سائدة أو عن طريق علم آخر أو حدث عارض شخصي وتاريخي. ومن ثم فلا غرابة إذ نجد في المراحل الباكرة من تطور أي علم من العلوم رجالا متباينين يصادفون سلسلة واحدة من الظواهر، دون أن تكون مع ذلك نفس الظواهر تحديداً، وإذا بهم يصفونها ويفسرونها بطرق متباينة. وإن ما يثير الدهشة، وربما بدا أيضا شيئا فريدا لا نصادفه بهذه الدرجة إلا في مجالات البحث التي نسميها علما، إن هذه التباينات الأولية تتلاشى بعد ذلك دائما إلى حد كبير.

ومع هذا فإنها تتلاشى وتختفي على نطاق واسع جدا ثم تختفي ظاهريا مرة واحدة وإلى الأبد. علاوة على هذا فإن اختفاءها يأتي عادة نتيجة انتصار إحدى المدارس السابقة على النموذج الإرشادي والتي استطاعت بفضل مالها من معتقدات وتصورات خاصة مميزة، أن تؤكد على جانب بذاته من رصيد المعلومات الكبير والمشوش. وخير مثال على ذلك أولئك«الكهربائيون» الذين ظنوا أن الكهرباء سيال، ومن ثم شددوا في التأكيد على التوصيل. وإذا بكثيرين منهم، استرشادا بهذا المعتقد الذي لا يكاد يطابق النتائج الكثيرة المعروفة عن التجاذب والتنافر، تراودهم فكرة تعبئة السيال الكهربي في زجاجات. وكانت النتيجة المباشرة لجهودهم هي جرة أو وعاء ليدن للكهرباء وهو جهاز ما كان يمكن أن يكتشفه إنسان يستكشف الطبيعة بصورة عرضية أو عشوائية، وإنما استحدثه في واقع الأمر اثنان على الأقل من الباحثين كل على حدة في أوائل عقد 1740[7]. ولقد كان فرانكلين منذ أن بدأ بحوثه الكهربائية على وجه التقريب معنيا على الأخص بشرح ذلك الجهاز الغريب والملهم للغاية أيضا لو صح ذلك عنه. ويمثل نجاحه في مهمته هذه أقوى الحجج التي جعلت من نظريته نموذجا إرشاديا وإن ظلت عاجزة عن تفسير جميع الحالات المعروفة عن التنافر الكهربي [8]. فلكي يتعين بالنسبة لأي نظرية نطمح في قبولها كنموذج إرشادي أن تبدو أفضل من النظريات المنافسة لها، وإن كان ليس ضروريا، وهو مالا تستطيعه أبدا في واقع الأمر، أن تفسر جميع الوقائع التي يمكن أن توجهها.

والدور الذي قامت به نظرية السيال الكهربي بالنسبة للمجموعة الثانية المؤمنة بها، هو عين الدور الذي قام به النموذج الإرشادي لفرانكلين فيما

بعد بالنسبة لكل فريق«الكهربائيين». إذ أوحى إليهم بأي التجارب يجدر بهم أداؤها، وأيها يجب التوقف عنها نظرا لأنها تستهدف مظاهر للكهربية ثانوية أو شديدة التعقيد أكثر من اللازم. وأدى النموذج الإرشادي دوره بصورة فعاله تماما وذلك من ناحية لأن توقف الجدال بين المدارس وضع نهاية للتأكيد باستمرار على المبادئ الأساسية، كما يرجع من ناحية أخرى إلى الثقة في أن الباحثين يسيرون على النهج السليم مما شجع العلماء على الاضطلاع بالمزيد من ضروب الأعمال الأكثر تحديدا وتخصيصا واستحواذا [9]. أما وقد تحرر فريق الكهربائيين الموحد من هم الانشغال بجميع الظواهر الكهربائية، فقد أصبح بوسعهم الآن أن يتابعوا دراسة ظواهر منتقاة على نحو أكثر تفصيلا وأن يبتدعوا تجهيزات ومعدات أكثر تخصصا لأداء المهمة المنوطة بهم، واستخدامها على نحو أكثر التزاما ومنهجية مما كان عليه الحال مع الكهربائيين قبلهم. وهكذا أصبح كل من جمع الوقائع وصياغة النظرية وإحكامها نشاطا موجها بدقة إلى حد كبير. وزادت بالتالي كفاءة وفعالية البحث العلمي في مجال الكهربية، وأصبح شاهدا على انحياز المجتمع إلى القول المأثور عن فرنسيس بيكون بشأن مناهج البحث، وهو قول ينطوي على حدة ذهن حين قال:«الحقيقة وليدة الخطأ لا الفوضى»[10].

وسوف ندرس في الفصل التالي طبيعة هذا البحث الموجه بدقة إلى حد كبير والمرتكز على نموذج إرشادي. ولكن يجب أن نوضح بإيجاز بادئ ذي بدء كيف يؤثر ظهور نموذج إرشادي ما على بنية الفريق الممارس للبحث في هذا المجال. فعندما يقدم فرد أو جماعة لأول مرة، خلال عملية نشوء وتطور أحد العلوم الطبيعية، صيغة تركيبية قادرة على اجتذاب الكثرة الغالبة من المشتغلين بهذا العلم من أبناء الجيل التالي فإن المدارس القديمة تبدأ في الزوال والاختفاء تدريجيا. ويرجع اختفاؤها من ناحية إلى تحول أعضائها إلى النموذج الإرشادي الجديد. ولكن يبقى دائما بعض الأشياع الذين يتشبثون بهذه النظرة أو تلك من النظرات القديمة. والنتيجة أن ينظر إليهم باعتبارهم خارجين على مجال تخصصهم الذي يغفل بعد ذلك جهودهم ويسقطها من حسابه. ويشتمل النموذج الإرشادي الجديد على تعريف جديد أكثر دقة لمجال البحث. أما من يعزفون أو يعجزون عن ملاءمة نشاطهم العلمي مع هذا النموذج الإرشادي يصبح لزاما عليهم أن يتنحوا

جانبا ليعيشوا في عزلة أو أن يلحقوا بصفوف فريق آخر [11]. والواضح تاريخيا أنهم يقنعون في الغالب بالبقاء داخل قطاعات الفلسفة التي أفرخت الكثير من العلوم الخاصة الجديدة. وكما تلمح هذه الإشارات فقد يحدث أحيانا أن نجد جماعة علمية ما كانت معنية في السابق بدراسة الطبيعة فقط فإذا بها ما أن تتلقى نموذجا إرشاديا وتسلم تحته حتى يتحول باحثوها على إثر ذلك إلى أصحاب تخصص متميز، أو على الأقل إلى مبحث معرفي. والملاحظ في العلوم (على خلاف مجالات مثل الطب والتكنولوجيا والقانون حيث أن مبرر وجودها حاجة اجتماعية خارجية) إن إنشاء صحف متخصصة وتأسيس جمعيات للأخصائيين، والمطالبة بشغل مكانة خاصة ضمن المقرر الدراسي قد اقترنت جميعها عادة باللحظة التي يهتدي فيها فريق الباحثين إلى نموذج إرشادي واحد خاص بهم. ولقد كان هذا هو الحال على أقل تقرير خلال الفترة المحصورة منذ قرن ونصف مضى عندما نشأت لأول مرة العملية المؤسسية للتخصص العلمي، وبين الفترة الأخيرة القريبة العهد جدا عندما أضحت لسمات التخصص مكانة متميزة.

وثمة نتائج أخرى ترتبت على تحديد الفريق العلمي تحديدا أكثر دقة. إذ عندما يأخذ العالم الفرد النموذج الإرشادي مأخذ التسليم فإنه لن يكون بحاجة في أعماله الرئيسية إلى بناء مجاله من جديد، بادئا بالأسس الأولى، ومبررا استخدام كل مفهوم مستحدث. ويمكن ترك هذه المهمة لمؤلف الكتب الدراسية. ولكن مع وجود كتاب دراسي يمكن للعالم المبدع أن يبدأ بحثه من حيث توقف الكتاب، ومن ثم يركز فقط على الجوانب الأكثر دقة وتخصصا من الظواهر الطبيعية موضوع مجاله البحثي. وإذ هو يفعل هذا تبدأ البيانات المتعلقة ببحوثه في التغير من حيث طابعها وفق سبل لم يسبق دراسة تطورها دراسة مستفيضة وإن كانت نتائجها النهائية الحديثة واضحة جلية للجميع وثقيلة الوطأة على الكثيرين. ولن تصدر بحوثه. كما هي العادة في صورة كتب مثل كتاب فرانكلين«تجارب.. على الكهرباء» أو كتاب داروين«أصل الأنواع» والتي تخاطب كل من يعنيه أمر هذا المجال، بل ستصدر في صورة مقالات وبحوث موجزة تخاطب فقط زملاء المهنة، أي من يفترض في أنهم يتقاسمون المعرفة بشأن النموذج الإرشادي المشترك بينهم، ويثبت أنهم هم وحدهم القادرون على قراءة وفهم البحوث الموجهة إليهم.

والملاحظ اليوم أن الكتب التي تصدر في مجال العلوم تكون عادة إما كتبا دراسية أو تأملات استرجاعية في هذا الجانب أو ذاك من جوانب الحياة العلمية. والعالم الذي يؤلف أحد هذه الكتب سيجد سمعته المهنية على الأرجح قد وهنت بدلا من أن ترسخ وتتحسن. ولم يحدث إلا في المراحل الأولى، من تطور العلوم المختلفة، أي مراحل ما قبل النموذج الإرشادي إن كانت علاقة الكتاب بالإنجاز المهني هي ذات العلاقة التي لا يزال يحتفظ بها في المجالات الإبداعية الأخرى. فهذه هي فقط المجالات التي لا يزال الكتاب فيها، مع المقالة أو بدونها، وعاء وأداة لنقل الأفكار الواردة في البحوث والتي لا تزال مقتضيات اكتساب صفة المهنة فيها غامضة وغير محددة المعالم بدقة بحيث أن المرء غير الملم بأصول هذا التخصص قد يراوده أمل ملاحقة التقدم فيها عن طريق قراءة النصوص الأصلية للباحثين المتخصصين. هذا على عكس الحال بالنسبة للرياضيات والفلك إذ لم تعد بحوثها المتخصصة يسيرة الفهم على المتعلم العادي وذلك منذ قديم الزمان. وأصبح البحث في مجال الديناميكا بحثا متخصصا بالمثل منذ نهاية العصر الوسيط. ولم يستعد طابعه الواضح إلا لفترة وجيزة خلال مطلع القرن السابع عشر وقتما حل نموذج إرشادي جديد محل النموذج الإرشادي القديم الذي استرشدت به بحوث العصر الوسيط وبدأت بحوث الكهرباء تحتاج إلى تفسير للرجل العادي منذ ما قبل نهاية القرن الثامن عشر. وكذلك جل المجالات الأخرى في علم الفيزياء لم تعد منذ القرن التاسع عشر ميسورة للعامة. وحدثت خلال القرنين الأخيرين تطورات مماثلة بدت واضحة في مختلف جوانب العلوم البيولوجية. ولعل هذا هو ما يجرى الآن في بعض مجالات العلوم الاجتماعية. وإذا كان قد أصبح مألوفا لنا الآن، أن نأسى وهذا حق، لاتساع الهوة باطراد الفاصلة بين الباحث العلمي المتخصص وبين زملائه وأقرانه في المجالات العلمية الأخرى، إلا أننا لا نهتم كثيرا بالعلاقات الجوهرية القائمة بين هذه الهوة وبين«الميكانيزمات»، أو الآليات الأصيلة للمتقدم العلمي.

منذ قديم الزمان فيما قبل التاريخ عبرت مجالات الدراسة الواحد بعد الآخر الخط الفاصل بين ما يمكن أن يسميه المؤرخ ما قبل تاريخ مجال الدراسة كعلم حقيقي من العلوم وبين تاريخه بالمعنى الأصيل ونادرا ما

حدثت عمليات الانتقال إلى النضج فجأة أو بصورة خالصة تماما عل نحو ما قد يبين ضمنا من هذا العرض الذي التزمت فيه بالضرورة حدود الإيجاز. ولكن لم يحدث أي من هذه التحولات تاريخيا على نحو تدريجي أي على نفس الامتداد الزماني للتطور الكامل لمجالات البحث التي أفضت إليها. لقد كان الأخصائيون الذين ألفوا كتبا عن الكهربية خلال العقود الأربعة الأولى من القرن الثامن عشر يضعون أيديهم على معلومات عن الظواهر الكهربية تفوق كثيرا ما كان يعرفه أسلافهم في القرن السادس عشر. وأضيفت إلى توائم معلوماتهم عن أنواع الظواهر الكهربية بضع ظواهر جديدة قليلة العدد على مدى نصف قرن بعد عام 1740، ومع هذا فإن المسافة الفاصلة فيما يتعلق بالأفكار الهامة بعيدة جدا بين كتابات كافنديش Cavendish وكولوم coulom وفولتا Volta عن الكهربية خلال الثلث الأخير من القرن الثامن عشر وبين كتابات جراي Gray ودي فاي Du Fay بل وكتابات فرانكين أيضا (في بداية القرن نفسه) وهي أبعد كثيرا من المسافة الفاصلة بين كتابات علماء الكهرباء في مطلع القرن الثامن عشر وكتابات علماء القرن السادس عشر[12]. وحدث خلال الفترة ما بين عامي 1740 و 1780 أن سلم الكهربائيون لأول مرة بصحة قواعد مجال بحثهم. وانطلقوا من هذه النقطة إلى مشكلات أكثر تحديدا وتخصصا، استفاضوا في عرض نتائج بحوثهم في مقالات يخاطبون بها غيرهم من المختصين بالكهرباء، وليس في كتب تخاطب المتعلمين كافة. وأنجزوا معا كفريق ما سبق أن حققه علماء الفلك قديما، وما حققه المختصون في دراسة الحركة في العصور الوسطى، والمختصون في البصريات الطبيعية في أواخر القرن السابع عشر، والجيولوجيا التاريخية في مطلع القرن التاسع عشر. أي أنهم توصلوا إلى نموذج إرشادي أثبت قدرته على توجيه كل بحوث الفريق. ولولا فضل النظر إلى الماضي واستعادة أحداثه لكان عسيرا علينا أن نهتدي إلى معيار آخر يحدد بمثل هذا الوضوح أن مجالا من المجالات أصبح علما.

# 3 طبيعة العلم القياسي

ما هي إذن طبيعة البحث الأكثر تخصصا وتمايزا مهنيا والتي تتيح لجماعة علمية الالتزام بنموذج إرشادي فريد؟ وإذا كان النموذج الإرشادي يمثل جهدا تم مرة واحدة وانتهى الأمر، فما هي المشكلات الأخرى المتبقية التي يتعين على جماعة البحث العلمي العمل على حلها؟ هذان السؤالان سوف يبدوان أكثر إلحاحا إذا ما لحظنا الآن كيف وإلى أي حد كانت المصطلحات المستخدمة حتى الآن قد تكون مضللة. فإن مصطلح نموذج إرشادي يعني في الاستعمال العادي نموذجا أو نمطا مقبولا. وفي ضوء هذه الدلالة، آثرت مصطلح «نموذج إرشادي» هنا نظرا لافتقاري إلى كلمة أفضل. ولكن سيبدو واضحا بعد قليل أن معنى كلمتي «نموذج» و«نمط» الذي أجاز لي إيثار ذلك المصطلح ليس هو بالدقة ذات المعنى المألوف عند تحديد مصطلح «نموذج إرشادي». ففي قواعد الصرف اللغوي على سبيل المثال نجد أن فعل ويفعل وفاعل ومفعول... الخ هي نموذج إرشادي من حيث أنها تبين لنا نمط تصريف أكبر عدد من الأفعال في اللغة التي يجرى تصريف غيرها قياسا عليها. وحسب هذا الاستخدام القياسي فإن النموذج الإرشادي يعد

أصلا نقيس عليه أي عدد ممكن من الأمثلة المطابقة قدر الاستطاعة والتي يمكن أن تحل محل الأصل من حيث المبدأ . وعلى العكس من ذلك في مجال العلم إذ نادرا ما يكون النموذج الإرشادي قابلا للتكرار. إنه هنا أشبه بحكم قضائي أو قاعدة شرعية قياسية في القانون العام، ومن ثم يكون قابلا للتعديل والتحديد مرة أخرى بموجب ظروف جديدة أو ظروف أشد إلزاما.

وحتى يتبين لنا كيف يمكن أن يحدث ذلك يتعين علينا أن ندرك إلى أي حد يمكن أن يكون النموذج الإرشادي محدودا للغاية من حيث النطاق والإحكام عند ظهوره لأول مرة. فالنماذج الإرشادية إنما تكتسب مكانتها لأنها أنجح من سواها من النماذج الإرشادية الأخرى المنافسة لها من حيث القدرة على حل بضع مشكلات اعترف فريق العلماء الباحثين بأنها مشكلات حادة. بيد أن كونها أنجح من سواها لا يعنى أنها ناجحة بصورة كاملة في حل مشكلة واحدة ولا بصورة متميزة أي مجموعة كبيرة من المشكلات. إن نجاح أي نموذج إرشادي سواء أكان هذا النموذج هو تحليل أرسطو للحركة، أو حسابات بطليموس لمواضع الكواكب أو استخدام لافوازييه للميزان، أو حساب ماكسويل رياضيا للمجال الكهرومغناطيسي-إنما يكون بداية وإلى حد كبير وعدا بنجاح يمكن الكشف عنه في عدد من الأمثلة المختارة التي لا تزال غير كاملة. وقوام العلم القياسي هو التحقيق الفعلي لذلك الوعد تحققا يتم إنجازه عن طريق توسيع نطاق المعرفة بالحقائق التي يكشف عنها النموذج الإرشادي باعتبار أنها حقائق ملهمة على نحو متميز، وذلك عن طريق زيادة نطاق الملاءمة بين تلك الحقائق وبين تنبؤات النموذج الإرشادي، وعن طريق المزيد من دقة وإحكام النموذج الإرشادي ذاته.

وإن عددا قليلا من الناس من غير الباحثين المتخصصين بالفعل في علم ناضج هم الذين يدركون حجم الجهود اللازمة لصقل وتنقية النموذج الإرشادي بعد إقراره، أو إلى أي مدى سيثبت أن هذا العمل أخاذ مثير للاهتمام عند تنفيذه. وهذه أمور يجب أن تكون مفهومة. فإن عمليات التنمية والصقل هي ما يشغل بال أكثر العلماء وينذرون لها حياتهم العلمية. وتؤلف هذه المهام ما اسميه هنا العلم القياسي، الذي إذا ما تأملناه عن كثب، سواء على أساس تاريخي أو في إطار المعمل المعاصر، لبدا هذا المشروع وكأنه محاولة لدفع الطبيعة قسرا داخل إطار معد مسبقا وجامد

نسبيا زودنا به النموذج الإرشادي. فليس من أهداف العلم القياسي في أي ناحية من نواحيه استحداث، أو تسليط الأضواء على أنواع جديدة من الظواهر، والحقيقة أن الظواهر التي لا تتلاءم مع الإطار غالبا ما تغفلها الأنظار تماما. ولا يهدف العلماء عادة إلى ابتكار نظريات جديدة، وغالبا ما لا يتسامحون مع النظريات التي يبتكرها غيرهم [1]. ويجرى بدلا من ذلك توجيه البحث العلمي القياسي في اتجاه الإبانة عن الظواهر والنظريات التي زودنا بها من قبل النموذج الإرشادي.

وربما كانت هذه مثالب. وطبعي أن المجالات التي يستكشفها العلم القياسي صغيرة جدا، ونطاق الرؤية في المشروع موضوع بحثنا الآن ضيق ومحدود للغاية. ولكن هذه القيود التي هي وليدة الثقة في نموذج إرشادي تتحول لتصبح أمرا ضروريا ولازما لتطور العلم. إذ حين نركز الانتباه على قطاع محدود من المشكلات شديدة التخصص، نسبيا، فإن النموذج الإرشادي يرغم العلماء على بحث جوانب محددة من الطبيعة تفصيلا وبعمق مما يتعذر تصورها بدون ذلك. ويمتلك العلم القياسي آلية «ميكانيزم» ذاتية تنزع إلى تخفيف سطوة القيود التي يلتزم بها البحث متى توقف النموذج الإرشادي الذي هو مصدر هذه القيود عن أداء دوره بكفاءة وفعالية. هنا، وعند هذه النقطة، يبدأ سلوك العلماء في التباين، وتتغير طبيعة مشكلات بحثهم. ولكن في غضون ذلك، وخلال الفترة التي يؤدى فيها النموذج الإرشادي دوره بنجاح يكون أبناء المهنة قد فرغوا من حل مشكلات كان من المتعذر عليهم تصورها، وما كان بالإمكان الاضطلاع بأمر حلها دون الالتزام بالنموذج الإرشادي. ويثبت دائما أن جانبا على الأقل من ذلك الإنجاز أو تلك الحلول باق ودائم.

وللإبانة بوضوح أكثر عن المقصود بالبحث القياسي، أو البحث المرتكز عن نموذج إرشادي، سأحاول الآن تصنيف وتوضيح المشكلات التي يتألف منها أساسا العلم القياسي. ولعل من الملائم أن أرجئ الحديث عن النشاط النظري إلى حين، وأن أستهل بالحديث عن جمع الحقائق، أي بالتجارب والمشاهدات المعروضة في المجلات المتخصصة التي يطلع العلماء من خلالها على نتائج بحوث أقرانهم في المهنة وتكون وسيلتهم لتبادل المعلومات العلمية فيما بينهم. ترى عن أي جانب من جوانب الطبيعة يكتب العلماء عادة

تقاريرهم؟ وما الذي يحدد اختياراتهم؟ وإذا كان القدر الأكبر من المشاهدات العلمية يستغرق وقتا طويلا ويستهلك الكثير من المال والمعدات فما الذي يحفز العلماء على مواصلة السعي وراء المشكلة المختارة والالتزام بها حتى النهاية والوصول إلى نتيجة؟

أحسب أن هناك ثلاث بؤر قياسية من الوقائع يتركز حولها البحث العلمي، وهي ليست متمايزة عن بعضها دائما ولا بصورة متصلة. هناك أولا مجموعة الوقائع التي أبان النموذج الإرشادي أنها تكشف على نحو متميز عن طبيعة الأشياء. ولقد أسبغ النموذج الإرشادي عليها أهمية وشأنا من خلال استخدامها لحل عديد من المشكلات بحيث أضحت جديرة باهتمام الباحثين من أجل تحديدها بدقة أكبر واستنادا إلى حالات أكثر عددا وتباينا في آن واحد. واشتملت بين حين وآخر تلك التحديدات الوقائعية الهامة على ما يلي: في الفلك-تحديد مواضع وحجم الأجرام السماوية، ودورات كسوف النجوم الثنائية، ودورات الكواكب؛ وفي الفيزياء-الثقل النوعي للمواد وقابليتها للضغط، وأطوال الموجات، والشدة الطيفية وقابلية التوصيل الكهربي، وجهد التلامس؛ وفي الكيمياء-التركيب، وأوزان الاتحاد الكيميائي، ونقط الغليان، وحمضية المحاليل، والصيغ التركيبية، والأنشطة البصرية (الضوئية). وإن المحاولات التي استهدفت زيادة دقة ونطاق معرفتنا بهذه الوقائع تشغل حيزا كبيرا وهاما في أدبيات العلوم القائمة على التجربة والمشاهدة. وأعاد الباحثون مرات ومرات تصميم أجهزة خاصة مركبة للوفاء بهذه الأغراض، واستلزم ابتكار وصنع وتشغيل مثل هذه الأجهزة موهبة فذة، ووقتا طويلا، وموارد مالية طائلة. وإن جهاز السنكروترون وجهاز التلسكوب اللاسلكي ليسا سوى أحدث مثالين عن السبيل التي قد يسلكها المشتغلون بالبحث العلمي إذا ما ضمن لهم النموذج الإرشادي أن الوقائع التي يلتمسونها ويبحثون فيها حقائق هامة وذات شأن. ولقد اكتسب بعض العلماء منذ أيام تايكو براهي وحتى أ. أ. لورانس شهرة واسعة لا لأن مكتشفاتهم تتسم بالجدة والإبداع بل بسبب دقة ومصداقية وخصوبة المناهج التي استحدثوها من أجل إعادة تحديد نوع من الوقائع المعرفة سابقا.

وثمة فئة ثانية مألوفة، ولكنها أضيق نطاقا، لتحديد الوقائع، تتعلق بالظواهر التي وإن كانت لا تنطوي على أهمية كبيرة أصيلة، إلا أنها تتميز

بأن بالإمكان مقارنتها مباشرة بالنتائج التي تنبئنا بها نظرية النموذج الإرشادي. وكما سنرى بعد قليل، عندما أنتقل من المشكلات التجريبية إلى المشكلات النظرية للعلم القياسي، فإن المجالات التي يمكن أن تماثل فيها النظرية العلمية الطبيعة بصورة مباشرة هي مجالات نادرة الحدوث خاصة إذا كانت هذه النظرية العلمية قد صيغت في قالب رياضي أساسا. ولا يوجد حتى الآن أكثر من ثلاثة من هذه المجالات التي أمكن ملاءمتها مع نظرية آينشتين عن النسبية العامة [2]. علاوة على ذلك فإنه حتى في تلك المجالات التي يمكن استخدام هذه الصيغ فيها، نجد لزاما أن نستعين بعمليات تقريب نظرية وتجريبية، وهي عمليات تحد كثيرا من التطابق المتوقع. وأن عملية تحسين هذا التوافق أو إيجاد مجالات جديدة يمكن أن نحقق فيها التوافق أصلا إنما تمثل تحديا ثابتا ومتصلا لمهارة وخيال الباحث المجرب والمشاهد. وهناك مناظير مقربة (تلسكوبات) خاصة لإثبات تنبوء كوبرنيكوس بشأن الاختلاف الظاهري السنوي لمواقع النجوم السماوية. وهناك ماكينة أتوود Atwood's Machine التي اخترعت بعد عام تقريبا من ظهور كتاب أسس الرياضيات «البرنكيبيا» لنيوتن، لكي تعطي أول إثبات واضح لا لبس فيه لقانون نيوتن الثاني. وهناك جهاز فوكو Foucault's Apparatus لبيان أن سرعة الضوء في الهواء أسرع منها في الماء، أو عداد الإيماض الذي صمم خصيصا لإثبات وجود النيوترينو. وإن هذه الأنواع من الأجهزة المتخصصة، وغيرها كثير، توضح الجهد الكبير والإبداع اللازمين للتقريب أكثر فأكثر بين الطبيعة والنظرية ليكونا أكثر فأكثر اتفاقا[3]. وهذه المحاولة لإثبات الاتفاق هي طراز ثان من العمل التجريبي القياسي، وهي أكثر من الطراز السابق اعتمادا على النموذج الإرشادي. فإن وجود النموذج الإرشادي يهيئ المشكلة للحل. وغالبا ما تكون نظرية النموذج الإرشادي متضمنة مباشرة في تصميم الجهاز المعد لحل المشكلة. إذ بدون كتاب أسس الرياضيات «البرنكيبيا» لنيوتن، على سبيل المثال، لكانت القياسات التي أجراها الباحثون بماكينة أتوود غير ذات معنى على الإطلاق.

وهناك فئة ثالثة من التجارب والمشاهدات تستنفد، فيما أعتقد، جميع أنشطة جمع الوقائع في العلم القياسي. وتتألف من الجهد التجريبي الذي يضطلع به الباحث بغية إحكام نظرية النموذج الإرشادي، وحل بعض مظاهر

اللبس المتبقية، وإتاحة الفرصة لحل المشكلات التي لفتت إليها الأنظار فقط فيما قبل ذلك. وتكشف هذه الفئة عن أنها هي الأهم بين جميع الفئات الأخرى قاطبة، ويستلزم عرضها بيان أقسامها الفرعية. فإن بعض التجارب في العلوم التي تغلب عليها الصبغة الرياضية أكثر من سواها، والتي استهدفت إحكام التعبير عن نفسها إنها خصصت لتحديد الثوابت الفيزيائية. فقد أشارت جهود نيوتن على سبيل المثال إلى أن القوة المؤثرة بين وحدتي كتلة تفصلهما وحدة مسافة واحدة ستظل هي ذاتها بالنسبة لجميع المواد وفي جميع المواضع في الكون. غير أن المشكلات التي تصدى لها هو كان بالإمكان حلها حتى بدون تقييم حجم هذا التجاذب، أي ثابت الجاذبية العام. ولم يتصور أي إنسان آخر، وعلى مدى قرن كامل منذ صدور كتاب أسس الرياضيات «برنكيبيا» إمكانية صنع جهاز لتحديد هذا الثابت بل ولم يكن حتى التحديد الشهير الذي وضعه كافنديش في العقد التاسع من القرن الثامن عشر هو التحديد الأخير. ونظرا لأن ثابت الجاذبية له وضع محوري في النظرية الفيزيائية. فإن البحث عن قيم محسنة لهذا الثابت كان هدفا لجهود متكررة منذ ذلك الحين من جانب عدد من أعلام الباحثين التجريبيين [4]. وثمة أمثلة أخرى من نفس النوع تحكي عن الجهد المتصل بشأن تعيين الوحدة الفلكية وثابت أفوجادرو ومعامل جول والشحنة الإلكترونية الأولية.. الخ. وربما كان بالإمكان تصور عدد محدود فقط من هذه الجهود الطويلة المضنية، ولكن لم يكن بالإمكان إنجاز أي منها بدون نظرية عن النموذج الإرشادي تحدد المشكلة وتضمن وجود حل دائم لها.

بيد أن الجهود الرامية إلى تحديد نموذج إرشادي ليست قاصرة على تحديد الثوابت العامة. إذ يمكن أن تهدف أيضا، على سبيل المثال، إلى تحديد قوانين كمية. وتدخل ضمن هذه الفئة قوانين مثل قانون بويل الخاص بعلاقة ضغط الغاز بحجمه، وقانون كولوم بشأن التجاذب الكهربي، وقانون جول الخاص بالعلاقة بين الحرارة المتولدة وبين المقاومة الكهربية والتيار الكهربي، فهذه كلها تدخل ضمن هذه الفئة. إذ ربما لا يكون واضحا أن النموذج الإرشادي شرط مسبق لاكتشاف قوانين من هذا النوع. ونحن غالبا ما نسمع أنه تم اكتشافها عن طريق فحص قياسات اضطلع الباحثون بها من أجلها فقط ودون أي التزام نظري، ولكن التاريخ لا يقدم لنا أي سند

يدعم مثل هذا النهج المفرط في طابعه البيكوني (نسبة إلى فرنسيس بيكون الفيلسوف الإنجليزي-المترجم). فإن تجارب بويل لم يكن بالإمكان تصورها (ولو حدث وأمكن تصورها لأخذت تفسيرا آخر مغايرا، أو لم تجد لها تفسيرا على الإطلاق) إلا بعد أن سلم الباحثون بأن الهواء أشبه بسائل مرن، يمكن أن تنطبق عليه جميع المفاهيم التفصيلية عن الهيدروستاتيكا [5]. ويرجع الفضل في نجاح كولوم إلى الجهاز الذي صنعه لقياس القوة بين مأخذ الشحنات المنتظمة. (إذ أن أولئك الذين اقتاسوا من قبل القوى الكهربائية مستخدمين الميزان العادي ذي الكفتين.. الخ لم يجدوا أن انتظام ثابت أو بسيط على الإطلاق). ولكن هذا الجهاز اعتمد بدوره على التحقق المسبق بأن كل جزئ من السيال الكهربي يؤثر عن بعد على كل الجزيئات الأخرى. ولقد كان كولوم يبحث عن القوة الموجودة بين هذه الجزيئات-وهي القوة الوحيدة التي يمكن أن يعزو إليها المرء وهو مطمئن القيام بدور التأثير عن بعد [6]. ويمكن كذلك استخدام تجارب جول لبيان كيف تنبثق القوانين الكمية من خلال عملية صياغة وإحكام النموذج الإرشادي. والواقع أن العلاقة عامة ووثيقة للغاية بين النموذج الإرشادي الكيفي وبين القانون الكمي بحيث أن مثل هذه القوانين أمكن منذ أيام جاليليو تخمينها بصورة صحيحة بفضل مساعدة نموذج إرشادي، وذلك قبل سنوات من إعداد جهاز لتحديدها تجريبيا [7].

أخيرا هناك نوع ثالث من التجارب التي تهدف إلى إحكام صياغة نموذج إرشادي. وهذا النوع يمكن، أكثر من سواه، أن يماثل الاستكشاف، وله شأن كبير بخاصة خلال الدورات وفي العلوم التي تعنى أساسا بالجانب الكيفي أكثر من الكمي فيما يختص بانتظام الطبيعة. وغالبا ما يكون النموذج الإرشادي الذي جرى استحداثه لمجموعة من الظواهر نموذجا مثيرا للبس عند تطبيقه على ظواهر أخرى مرتبطة بها ارتباطا وثيقا-وهنا تصبح التجارب ضرورة للاختيار من بين وسائل التطبيق المختلفة النموذج الإرشادي الخاص بالمجال الجديد موضع الاهتمام. مثال ذلك أن تطبيقات النموذج الإرشادي لنظرية السيال الحراري كانت خاصة بالتسخين والتبريد عن طريق المزج وتغيير الحالة. ولكن الحرارة يمكن إطلاقها أو امتصاصها بوسائل أخرى كثيرة-مثال ذلك عن طريق الاتحاد الكيميائي، أو الاحتكاك

أو الضغط أو امتصاص الغاز-وكان بالإمكان تطبيق النظرية بوسائل عديدة على كل من تلك الظواهر الأخرى. فلو أن للفراغ سعة حرارية على سبيل المثال فإن التسخين عن طريق الضغط يمكن تفسيره على أساس أنه نتيجة لمزج الغاز بالفراغ. أو ربما يرجع إلى تحول في الحرارة النوعية للغازات تحت تأثير تغير الضغط. وثمة تفسيرات أخرى كثيرة غير هذه وأجريت تجارب عديدة لتحديد هذه الإمكانيات المختلفة بدقة، والتمييز بينها. وانبثقت جميع هذه التجارب من النموذج الإرشادي لنظرية السيال الحراري، وأفادت جميعها به في وضع التجارب في تفسير النتائج [8]. وما أن تأكدت ظاهرة التسخين بالضغط حتى أضحت جميع التجارب الأخرى في هذا المجال نتيجة مترتبة على النموذج الإرشادي. هذا وإلا كيف يتسنى لنا، مع التسليم بالظاهرة، أن نختار بطريقة أخرى غير هذه تجربة لتفسيرها؟

ولننتقل الآن إلى المشكلات النظرية للعلم القياسي، والتي تكاد تدخل ضمن ذات الفئات مثل مشكلات التجربة والمشاهدة. إن جزءا من الجهد النظري القياسي، وإن لم يكن سوى جزء صغير جدا، إلا أنه يتمثل في استخدام النظرية القائمة للتنبؤ بالمعلومات الواقعية عن القيمة الأصلية. فابتداع التقويم الفلكي، وحساب خواص العدسات، وإنتاج منحنيات الانتشار الإشعاعي هي أمثلة لمشكلات من هذا النوع. بيد أن العلماء ينظرون إليها بعامة وكأنها عمل مبتذل أولى بأن يحال إلى المهندسين والفنيين. ولم يحدث في أي وقت من الأوقات أن حظي أكثرها بشرف الظهور في الصحف العلمية الهامة. ولكن هذه الصحف تشتمل على قدر كبير من المناقشات النظرية للمشكلات التي لابد وأنها تبدو في نظر غير العلماء، وكأنها واحدة تقريبا. وهذه هي معالجات تتعلق بالنظرية ويضطلع بها الباحثون، لا لأن التنبؤات التي يمكن أن تتمخض عنها ذات ثمة أصيلة بل لأن هذه التنبؤات يمكن التحقق منها مباشرة عن طريق التجربة. والهدف منها هو بيان استخدام جديد للنموذج الإرشادي أو زيادة دقة الاستخدام الذي سبق تطبيقه.

وتنبع الحاجة إلى عمل من هذا النوع من الصعوبات الهائلة التي غالبا ما يواجهها الباحثون في سبيل استحداث نقاط اتصال بين إحدى النظريات وبين الطبيعة. ويمكن توضيح هذه الصعوبات بإيجاز من خلال دراسة تاريخ

الديناميكا بعد نيوتن. ففي مطلع القرن الثامن عشر نلحظ أن العلماء الذين رأوا في كتب نيوتن أسس الرياضيات «البرنكيبيا» نموذجا إرشاديا لهم، أخذوا جماع نتائجه في شمولها مأخذ التسليم، وكان لهم كل الحق في أن يفعلوا ذلك. فتاريخ العلم لا يعرف أي عمل آخر أتاح في آن واحد الفرصة لزيادة كبيرة في كل من نطاق البحث ودقته. فبالنسبة للأجرام السماوية استخلص نيوتن قوانين كيبلر عن حركة الكواكب السيارة، وفسر أيضا بعض الجوانب التي لوحظ أن القمر لم يخضع فيها لهذه القوانين. وبالنسبة للظواهر الأرضية استخلص نتائج بعض المشاهدات المتناثرة عن حركة البندول والمد والجزر. واستطاع بمساعدة بعض الفروض الإضافية، وإن كانت مخصصة للموضوع، أن يستخلص قانون بويل كما استخلص كذلك قانونا هاما عن سرعة الصوت في الهواء. وإذا سلمنا بحالة العلم في ذلك الوقت ندرك أن نجاح البراهين كان مثيرا للغاية. ولكن مع التسليم بالعمومية الافتراضية لقوانين نيوتن ندرك أن عدد هذه التطبيقات لم يكن كبيرا، ولم يستحدث نيوتن تقريبا سواها. علاوة على هذا فإنه بالمقارنة بها يمكن أن ينجزه أي خريج جامعي في قسم الفيزياء بتلك القوانين ذاتها اليوم، يبين لنا أن تطبيقات نيوتن القليلة لم تتم بدقة كاملة. أخيرا فإن كتاب أسس الرياضيات «البرنكيبيا» إنما وضع خصيصا لتطبيقه أساسا على مشكلات ميكانيكا الأجرام السماوية. أما السبيل لملاءمتها مع الاستخدامات الأرضية وخاصة الاستخدامات المتعلقة بالحركة المقيدة فلم تكن قد وضحت بعد. لقد كانت المشكلات الأرضية على أية حال قد بدأ التصدي لها بنجاح كبير بفضل مجموعة مغايرة تماما من التقنيات التي استحدثها أصلا جاليليو وهوجينز، كما عمل كل من دلامبرت وبرنولي، دانييل-وبرنولي جاك-وبرنولي جان وكثيرون غيرهم على توسيع نطاقها في كل القارة الأوربية خلال القرن الثامن عشر. ومن المفترض أن تقنياتهم وكذلك تقنيات كتاب الأسس «البرنكيبيا» لم تكن سوى حالات خاصة لقانون أكثر عمومية، وإن لم يدرك أحد بوضوح لفترة من الزمن كيف يكون ذلك[9].

لنحصر انتباهنا الآن في مشكلة الدقة. لقد فرغنا من إيضاح جانبها التجريبي. كان لزاما توفر أجهزة متخصصة-مثل جهاز كافنديش أو ماكينة أتوود أو تلسكوبات متطورة-بغية الحصول على المعلومات الخاصة التي

تتطلبها الاستخدامات الموضوعية لنموذج نيوتن الإرشادي. وكانت هناك فيما يختص بالنظرية صعوبات مماثلة في سبيل الوصول إلى توافق واتساق. إذ أن نيوتن عند تطبيق قوانينه على البندول كمثال، اضطر إلى معاملة ثقل البندول باعتباره كتلة مركزة في نقطة بغية إعطاء طول البندول طولا محددا. وأغفلت غالبية نظرياته تأثير مقاومة الهواء (باستثناء بعضها الذي كان لا يزال في مستوى الفروض أو آراء تمهيدية) وكانت هذه بمثابة أحكام فيزيقية تقريبية سديدة. ومع هذا فإنها باعتبارها أحكاما تقريبية حدت من التوافق المتوقع بين تنبؤات نيوتن والتجارب الفعلية. وظهرت الصعوبات نفسها، وربما بوضع أكثر، عند تطبيق نظرية نيوتن على الأجرام السماوية. إذ تشير المشاهدات التلسكوبية الكمية البسيطة إلى أن الكواكب السيارة لا تخضع تماما لقوانين كيبلر، كما تشير نظرية نيوتن إلى أنها يجب أن لا تخضع لتلك القوانين. واضطر نيوتن لكي يستخلص تلك القوانين إلى إسقاط كل ما يتعلق بالتجاذب التثاقلي فيما عدا ما هو قائم بين الكواكب منفردة وبين الشمس. ونظرا لأن الكواكب تتجاذب أيضا بعضها مع بعض فإنه لا يمكن أن نتوقع سوى الوصول إلى توافق تقريبي بين النظرية المطبقة وبين المشاهدات التلسكوبية [10].

وطبعي أن الملاءمة التي تم التوصل إليها كانت أكثر من مرضية في نظر من توصلوا إليها. ولعل أي نظرية أخرى لم يكن بإمكانها تقريبا أن تحقق هذا الإنجاز بصورته هذه باستثناء ما يتعلق ببعض المشكلات الأرضية. ونلاحظ أن أحدا ممن ارتابوا في صواب أعمال نيوتن لم يفعل ذلك بسبب قصور الملاءمة بين عمله وبين التجربة والمشاهدة. وعلى الرغم من هذا فإن مواضع القصور هذه خلقت مشكلات كثيرة ومثيرة شدت اهتمام خلفاء نيوتن للعمل على حلها. إذ لزم على سبيل المثال توفر التقنيات النظرية لمعالجة حركات أكثر من جسمين متجاذبين في آن واحد، ولبحث ثبات المدارات المضطربة. ولقد شغلت مشكلات كهذه فكر كثيرين من خبرة الرياضيين في أوربا خلال القرن الثامن عشر ومطلع القرن التاسع عشر. فهناك أيولر Euler ولا جرانج Lagrange ولابلاس Laplaca وجوس Gauss وقد رصدوا جميعا قدرا كبيرا من جهودهم العبقرية الفذة لمعالجة مشكلات استهدفت تحسين الملاءمة بين نموذج نيوتن الإرشادي وبين مشاهدات

الأجرام السماوية. وعمل الكثيرون من هذه الشخصيات المرموقة في آن واحد على استحداث الرياضيات اللازمة للتطبيقات المطلوبة، الأمر الذي لم يحاوله من قبل لا نيوتن ولا مدرسة الميكانيكا الأوربية المعاصرة Contemparary Continental School of Mechanics. إذ قدموا على سبيل المثال أدبيات زاخرة وغزيرة وبعض التقنيات الرياضية ذات الفعالية المؤثرة للغاية في مجال علم ديناميكا الموانع «الهيدرو ديناميكا»، ومشكلات الأوتار المهتزة. وتوضح مشكلات التطبيق هذه ما يمكن اعتباره أكثر الجهود العلمية روعة وإثارة للاهتمام في القرن الثامن عشر. ويمكن الإدلاء إلى أمثلة أخرى عن طريق الدراسة الفاحصة لفترة ما بعد النموذج الإرشادي في مجال تطور علم الديناميكا الحرارية أو النظرية الموجية للضوء أو النظرية الكهرومغناطيسية أو أي فرع آخر من فروع العلم تكون قوانينه الأساسية قوانين كمية محضة. والجدير بالذكر أن غالبية الأعمال النظرية، على الأقل في مجال العلوم التي يغلب عليها الطابع الرياضي، هي من هذا الطراز.

ولكنها ليست جميعها من هذا الطراز. إذ توجد حتى بين العلوم الرياضية مشكلات نظرية خاصة بإحكام وصقل النموذج الإرشادي. وتسود الهيمنة لهذه المشكلات خلال الفترات التي يكون فيها الطابع الكيفي هو الطابع الغالب للتطور العلمي. ويلاحظ أن بعض المشكلات في كل من العلوم التي يغلب عليها الطابع الكمي والكيفي على السواء، تهدف فقط إلى التوضيح عن طريق إعادة الصياغة. فكتاب أسس الرياضيات «البرنكيبيا» على سبيل المثال، لم يثبت أنه عمل سهل التطبيق دوما، ويرجع ذلك جزئيا لاحتوائه على قدر من الفجاجة، وهي شيء حتمي في أي محاولة رائدة تجرى لأول مرة، ويرجع من ناحية أخرى إلى أن جانبا كبيرا من مدلوله كان متضمنا فقط في تطبيقاته. وعلى أية حال فبالنسبة لكثير من التطبيقات الأرضية ظهرت مجموعة من التقنيات الأوربية ذات الفعالية الشديدة للغاية وإن بدت غير مترابطة ولهذا نجد أنه ابتداء من أيولر ولا جرانج في القرن الثامن عشر إلى هاملتون وجاكوبي وهرتز في القرن التاسع عشر حاول مرارا كثيرون من ألمع علماء الفيزياء الرياضية في أوربا وضع صياغة جديدة للنظرية الميكانيكية في صورة مكافئة ولكن أكثر إقناعا من وجهة

النظر المنطقية والجمالية. لقد شاءوا عرض القضايا والأفكار الصريحة والضمنية في كتاب أسس الرياضيات «البرنكيبيا» في صورة جديدة أكثر اتساقا من الناحية المنطقية، بحيث تكون في آن واحد أكثر تجانسا وأقل غموضا عند تطبيقها على مشكلات الميكانيكا التي تحددت بدقة حديثا[11].

ولقد تكررت مرارا محاولات مماثلة في جميع العلوم لوضع صياغة جديدة لنموذج إرشادي، ولكن غالبيتها أفضت إلى تحولات جوهرية في النموذج الإرشادي أهم كثيرا من الصياغات الجديدة لكتاب أسس الرياضيات لنيوتن والتي تحدثنا عنها آنفا.

وحدثت هذه التحولات نتيجة للعمل التجريبي الذي عرضناه قبل ذلك باعتبار أنه يهدف إلى وضع نموذج إرشادي. والحقيقة أننا نتعسف حين ندرج هذا الطراز من العمل ضمن العمل التجريبي، ذلك لأن مشكلات تحديد وإحكام النموذج الإرشادي هي في آن واحد مشكلات نظرية وتجريبية أكثر مما هو الحال في أي نوع آخر من البحوث القياسية. وتفيد هنا أيضا الأمثلة سالفة الذكر. ذلك أن كولوم اضطر قبل أن ينشئ جهازه وقبل أن يجرى قياساته إلى أن يستخدم النظرية الكهربية لتحديد كيفية بناء هذا الجهاز. وتمخضت قياساته عن صقل تلك النظرية. وكذلك فإن الرجال الذين وضعوا تصميم التجارب التي تستهدف التمييز بين النظريات المختلفة عن التسخين بالضغط كانوا هم أولئك الرجال الذين وضعوا الصيغ المعدلة المقابلة لها. لقد كانوا يعملون في إطار الواقع والنظرية معا، ولم يثمر عملهم معلومات جديدة فقط بل أثمر أيضا نموذجا إرشاديا أكثر دقة، ذهبت عنه مظاهر الغموض التي شابت النموذج الإرشادي الأصلي الذي انطلقوا منه. والجدير بالذكر أن الجانب الأكبر من نشاط العلم القياسي هو من هذا الطراز في كثير من فروع العلم.

إن هذه الفئات الثلاث من المشكلات-تحديد الحقائق الهامة ذات الدلالة، وملاءمة الحقائق مع النظرية، وصياغة النظرية-تستوعب تماما، فيما أرى، أدبيات العلم القياسي التجريبية والنظرية معا. ولكنها بطبيعة الحال لا تستوعب كل أدبيات العلم. فثمة أيضا مشكلات استثنائية، ولعل حسمها هو الذي يجعل من المشروع العلمي في إجماله أمرا قيما بصورة متميزة. بيد أن المشكلات الاستثنائية ليست رهن الإشارة، إنها تظهر فقط في

مناسبات خاصة تتهيأ بفضل تقدم البحوث القياسية. لذلك من المحتم أن تندرج الغالبية الساحقة من المشكلات التي يضطلع بحلها العلماء، بما في ذلك أفضلهم والأعلام المتميزون منهم، ضمن إحدى الفئات الثلاث التي أوجزناها آنفا. إن العمل بموجب نموذج إرشادي لا يمكن أن يجرى بأي وسيلة أخرى، والتخلي عن النموذج الإرشادي، أو العمل بدونه، يعنى التوقف عن ممارسة العلم الذي يحدده النموذج. ولكن سوف يبين لنا بعد قليل أن مثل هذا التخلي يحدث أحيانا. وتكون حالات التخلي هذه هي المرتكز أو المحور الذي تدور حوله الثورات العلمية. ولكن يلزم قبل الشروع في دراسة مثل هذه الثورات أن نهيئ نظرة أكثر شمولية عن الجهود العلمية القياسية التي تمهد السبيل إلى ذلك.

# 4 العلم القياسي وحل الألغاز

لعل القسمة المثيرة أكثر من سواها من بين القسمات المميزة لمشكلات البحث القياسي التي عرضنا لها حتى الآن هي أن هذه المشكلات قليلا ما تعمد إلى إنتاج إبداعات ذات شأن كبير سواء في نطاق المفاهيم أم في نطاق الظواهر. ويحدث أحيانا، كما هو الحال في قياس أطوال الموجات، أن يكون كل شيء معروفا مقدما فيما خلا التفاصيل المتخصصة للغاية المتعلقة بالنتيجة، أما نطاق التغيرات المتوقع حدوثها في النتائج فهو نطاق محدود جدا. إذ ربما لم يكن من الضروري أن تكون قياسات كولوم مطابقة لقانون التربيع العكسي، وغالبا ما كان الباحثون في مجال التسخين عن طريق الضغط على استعداد لقبول أي نتيجة من بين نتائج عديدة. ولكن حتى في حالات كهذه كان مدى النتائج المتوقعة سلفا، ومن ثم يمكن استيعابها وتمثلها، مدى ضئيل دائما بالقياس إلى المدى الذي يمكن أن يرسمه الخيال. وعادة ما يكون المشروع الذي لا يدخل ناتجة في إطار هذا الهامش الضيق ليس إلا مجرد فشل بحثي، الأمر الذي يعنى أن الخطأ ليس خطأ الطبيعة بل خطأ العالم أو الباحث ذاته.

ففي القرن الثامن عشر على سبيل المثال كان الاهتمام قليلا بالتجارب التي تقيس التجاذب الكهربي مستخدمة أجهزة مثل الميزان ذي الكفتين أو غيره. وحيث أن نتائج هذه التجارب لم تكن نتائج ثابتة ولا بسيطة فقد تعذر استخدامها لصياغة النموذج الإرشادي التي انبثقت عنه، ولهذا ظلت مجرد وقائع غير مرتبطة وغير قابلة للارتباط بعملية التقدم المتصلة للبحث الكهربائي. بيد أننا الآن فقط عندما نسترجع أحداث الماضي في ضوء نموذج إرشادي لاحق نستطيع أن نتبين حقيقة خصائص الظواهر الكهربائية التي تكشف عنها. وطبيعي أن كولوم ومعاصريه كان بين أيديهم أيضا هذا النموذج الإرشادي الأخير أو نموذجا يجيز لهم توقع نفس النتائج أثر تطبيقه على مشكلة التجاذب. وهذا هو السبب في أن كولومب استطاع أن يصمم جهازا أعطى نتيجة يمكن اعتبارها عنصرا مكملا للنموذج الإرشادي. ولكن هذا هو السبب أيضا في أن تلك النتيجة لم تدهش أحدا، وفي أن معاصري كولوم كان بمقدورهم التنبؤ بها مقدما. بل إن المشروع الذي كان يرمي إلى وضع نموذج إرشادي لم يكن يهدف إلى اكتشاف ابتكار غير مرتقب.

ولكن إذا لم يكن هدف العلم القياسي اكتشاف إبداعات ذات شأن كبير- وإذا كان الفشل في الاقتراب من النتيجة المقدرة سلفا هو عادة فشل من جانب العالم الباحث-إذن لماذا يتم الاضطلاع بهذه المشكلات والتصدي لها أساسا؟ سبق أن عرضنا جانبا من الإجابة على هذا السؤال. فالنتائج التي نصل إليها من خلال البحث القياسي تعتبر هامة في نظر العلماء على الأقل لأنها تضيف جديدا من حيث نطاق ودقة تطبيق النموذج الإرشادي. بيد أن هذه الإجابة غير كافية لتفسير ما يبديه العلماء من حماس وتفان في سبيل حل مشكلات البحث القياسي. إن أحدا لا ينذر سنوات من عمره من أجل، استحداث مقياس أفضل لقياس الطيف أو من أجل الوصول إلى حل أوفق لمشكلة الأوتار المهتزة لا لشيء إلا ابتغاء المعلومات الهامة التي سيحصل عليها. فالبيانات التي يمكن الوصول إليها عن طريق حساب التقويم الفلكي أو عن طريق المزيد من القياسات باستخدام أداة معروفة من قبل غالبا ما يكون لها نفس القدر من الأهمية والدلالة، بيد أن هذا الضرب من الأنشطة يزدريها عادة العلماء لأنها في الأساس ترديد وتكرار لإجراءات سبق أداؤها. وإن هذا الرفض يهدينا إلى مفتاح يكشف لنا سر

السحر الكامن في مشكلة البحث القياسي الذي يأسر الباحثين. إذ على الرغم من أن نتيجة البحث يمكن تقديرها سلفا، وغالبا ما يكون تقديرها بتفصيل شديد بحيث ما يبقى مجهولا منها وبحاجة إلى أن نعرفه هو في حد ذاته شيء غير هام، إلا أن وسيلة الوصول إلى تلك النتيجة تظل موضع شك إلى حد كبير جدا. إن الوصول بمشكلة البحث القياسي إلى نتيجة نهائية يعني الوصول إلى ما هو مقدر سلفا بوسيلة جديدة، وهو ما يتطلب حل جميع أنواع الألغاز على مستوى الأداة والمفاهيم والمستوى الرياضي. وأن من ينجح في ذلك إنما يقيم البرهان على أنه خبير في حل الأحاجي والألغاز. ويمثل التحدي الذي يفرضه اللغز جانبا هاما من بين الأسباب التي تحفزه عادة.

إن مصطلحي «اللغز» و«حلاّل اللغز» يلقيان ضوءا على العديد من الأفكار الأساسية التي برزت باطراد في الصفحات السابقة. والألغاز حسب المعنى القياسي السائد هنا تعنى تلك الفئة من المشكلات المحددة التي تهيئ لكل باحث فرصة لإثبات قدرته الإبداعية وبراعته في وضع الحلول. وتعرض قواميس اللغة الإنجليزية أمثلة توضيحية لبيان معنى كلمة لغز منها ما يلي: «لغز إعادة ترتيب المكعبات أو الصور» و«لغز الكلمات المتقاطعة»، وهذه هي الخصائص التي تمثل قاسما مشتركا بينها وبين مشكلات العلم القياسي التي نريد أن نفردها هنا الآن. وسبق أن ذكرنا إحدى هذه الخصائص. والمعروف أن معايير جودة اللغز ليس من بينها أن تكون نتيجته هامة أو عظيمة الشأن بحكم طبيعتها الأصلية. بل على العكس إذ نجد أن المشكلات الملحة حقا مثل الشفاء من مرض السرطان أو وضع خطة لسلام دائم، ليست في الغالب الأعم ألغازا على الإطلاق. ويرجع ذلك أساسا إلى أنها قد تكون بغير حل. ولكن لنتأمل معا لغز إعادة ترتيب الصور أو المكعبات الذي يجرى انتقاء أجزائه عشوائيا من داخل صندوقين مختلفين خاصين باللغز. وحيث أن الأرجح أن تستثير هذه المشكلة (وربما لا يحدث) تحدى الناس بما في ذلك أكثرهم عبقرية، فإنها لا تفيد كاختبار مهارة في الحل. ومن ثم فهي ليست لغزا على الإطلاق بأي معنى من المعاني المألوفة. وعلى الرغم من أن القيمة الأصلية ليست معيارا للغز، إذن فان المعيار هو وجود حل مؤكد وضروري.

ولكن سبق أن تبين لنا أن إقرار نموذج إرشادي من شأنه أن يهيئ لجماعة البحث العلمي، من بين جملة أمور أخرى، معيارا لاختيار المشكلات التي يمكن افتراض وجود حل لها طالما ظل النموذج الإرشادي أمرا مسلما به. وهذه إلى حد كبير هي المشكلات الوحيدة التي سيقبلها المجتمع العلمي كمشكلات علمية أو يشجع أعضاءه على الاضطلاع بها. أما المشكلات الأخرى، ومنها مشكلات كثيرة كانت تعتبر في السابق مشكلات معيارية، فإنه نبذها باعتبارها مشكلات ميتافيزيقية أو لأنها تدخل في نطاق اهتمام مبحث آخر أو أحيانا لأنها مشكلات مشكوك في أمرها ولا تستحق إضاعة الوقت معها. وبناء على ذلك فإن النموذج الإرشادي يمكن أن يباعد بين المجتمع العلمي وبين مشكلات هامة اجتماعيا والتي لا يمكن ردها أو اختزالها إلى صورة لغز وذلك لأنه لا سبيل إلى تحديدها وصياغتها في ضوء الأدوات المفاهيمية والفعالة التي يزودنا بها النموذج الإرشادي. فمثل هذه المشكلات قد تعد صرفا للانتباه، وهو درس أوضحته بذكاء وبراعة جوانب عديدة من مذهب بيكون في القرن السابع عشر وبعض العلوم الاجتماعية المعاصرة. وإن أحد الأسباب التي تجعل العلم القياسي يبدو لنا وكأنه يتقدم بسرعة كبيرة أن ممارسيه يركزون على مشكلات لا يحول بينهم وبين حلها سوى افتقارهم إلى البراعة والإبداع.

ولكن إذا كانت مشكلات العلم القياسي ألغازا بهذا المعنى فإننا لن نكون بحاجة بعد ذلك إلى السؤال عن السبب في أن العلماء يتصدون لها بمثل هذا الحماس والتفاني. إن الإنسان قد تجذبه إلى العلم أسباب من جميع الأنواع. نذكر من بينها الرغبة في أن يكون نافعا، ونشوة استكشاف مجال جديد، والأمل في اكتشاف نظام، والدافع إلى اختيار المعارف المستقرة. وهذه الحوافز، علاوة على غيرها، تساعد على تحديد المشكلات الخاصة التي سوف تشغل بال رجل العلم فيما بعد. زد على ذلك أنه على الرغم من أن الأمر قد ينتهي بتولد مشاعر إحباط بين حين وآخر، إلا أن ثمة سببا حقيقيا يوضح لنا لماذا هذه الدوافع تكون أول ما يشد انتباهه وتظل تحثه ليمضي في سبيله قدما [1]. إن المشروع العلمي في إجماله يثبت بالبرهان بين الحين والآخر أنه نافع ويفتح أرضا جديدة، ويكشف عن النظام ويختبر معتقدات راسخة استقرت منذ زمن طويل. إلا أن هذا ليس هو ما يشغل

المرء العاكف على مشكلة من مشكلات البحث القياسي. إذ ما أن يعكف على المشكلة حتى يكون حافزه على العمل نوعا آخر تماما. إن ما يتحداه الآن هو اقتناعه بأنه لو كان بارعا حاذقا بما فيه الكفاية، فإنه سوف ينجح في حل لغز لم يحله أحد من قبل أو لم يبلغ أحد ما بلغه هو من حيث مستوى الجودة في حله. وإن الكثيرين من أصحاب أعظم العقول العلمية قد نذروا كل اهتمامهم المهني سعيا وراء ألغاز من هذا الضرب. وفي أغلب الأحيان نجد أن هذا هو كل ما يقدمه أي مجال من مجالات البحث المتخصصة، وهي حقيقة تجعل الأمر لا يقل سحرا وجاذبية عن الإدمان الحق.

لننتقل الآن إلى وجه آخر، أشد صعوبة ولكنه أكثر إلهاما، ويتعلق بالمقابلة بين الألغاز وبين مشكلات العلم القياسي. فإذا كان لنا أن نصنف مشكلة ما على أنها لغز فلا بد وأن تتسم بأكثر من حل مؤكد. ولا بد وأن تكون هناك أيضا قواعد تحد من طبيعة الحلول المقبولة وكذا من الخطوات التي تصل بنا إلى هذه الحلول. فحل لغز المكعبات والرسوم على سبيل المثال ليس مجرد «تشكيل صورة». ذلك أن طفلا أو فنانا معاصرا يمكنه أن يفعل ذلك عن طريق نثر بعض قطع يختارها فوق أرضية محايدة، وذلك باعتبارها أشكالا تجريدية، وقد تكون الصورة الناتجة عن ذلك أفضل كثيرا، وستكون يقينا أكثر أصالة من الصورة التي كان يمكن أن يشكلها اللغز. ومع هذا فإن تلك الصورة لن تكون حلا للمشكلة. إذ أننا لكي نستخدم جميع الأجزاء لا بد وأن تكون أسطحها المستوية غير المزخرفة مقلوبة ومتجهة إلى أسفل، ولا بد وأن تتشابك مع بعضها في سلاسة ودون عنف حتى لا تتبقى أي ثقوب أو فواصل. فهذه هي بعض القواعد التي تحكم وتنظم حلول لغز المكعبات والرسوم. وقد أمكن اكتشاف قيود مماثلة تنظم الحلول المقبولة لألغاز الكلمات المتقاطعة والأحاجي «الفوازير» وحيل الشطرنج وغيرها.

وإذا كان من الملائم لنا أن نستخدم مصطلح «قاعدة» استخداما يجعله أحيانا مرادفا لعبارة «وجهة النظر المعتمدة» أو «المفهوم أو التصور الذهني المسبق»-سوف يبين لنا أن المشكلات التي يمكن تناولها ومعالجتها في إطار تراث بحثي معين تكشف عن شيء يشبه كثيرا خصائص اللغز. فالباحث الذي يصنع أداة لتحديد أطوال الموجة البصرية لا بد أنه غير قانع بجهاز لا

يفعل سوى نسبة أرقام محددة إلى خطوط طيفية بذاتها. إنه ليس مجرد مستكشف أو قيّاسا. بل على العكس إذ يتعين عليه أن يوضح من خلال تحليل جهازه في ضؤ النظرية البصرية المعتمدة أو السائدة أن الأرقام التي يعرضها جهازه هي الأرقام التي تقرها النظرية كأطوال موجات. ولكن إذا كانت النظرية لا تزال تفتقر إلى قدر من الدقة والتحديد أو إذا كانت هناك بعض العناصر التي لم يحللها الجهاز بعد، الأمر الذي يحول دونه استكمال البرهان فإن أقرانه من الباحثين قد يستخلصون من ذلك نتيجة مؤداها أنه لم يقس شيئا على الإطلاق. مثال ذلك النهايات العظمى للتشتت الإلكتروني التي تم تشخيصها مؤخرا باعتبارها مؤشرات لطول موجة الإلكترون لم يكن لها أي أهمية ظاهرة عندما شوهدت وتم تسجيلها لأول مرة. إذ كان يتعين قبل أن تصبح مقاييس لأي شيء، ربطها بنظرية تنبأت بالسلوك شبه الموجي للمادة وهي في حالة حركة. وحتى بعد توضيح هذه العلاقة كان لزاما إعادة تصميم الجهاز بحيث يمكن ربط النتائج التجريبية ربطا واضحا لا لبس فيه بالنظرية [2]. ولم يتأت حل أي مشكلة إلا بعد استيفاء هذه الشروط.

وثمة أنواع مماثلة من الضوابط التي تقيد الحلول المقبولة للمشكلات النظرية. فالملاحظ على مدى القرن الثامن عشر أن العلماء الذين حاولوا استنتاج حركة القمر المشاهدة من قوانين نيوتن عن الحركة والجاذبية قد أخفقوا في مسعاهم دائما وأبدا. ونتيجة لذلك اقترح بعضهم إبدال قانون التربيع العكسي بقانون آخر انحرف عن ذلك قليلا. ولكن لكي يحدث ذلك كان لا بد من تعديل النموذج الإرشادي وتحديد لغز جديد والتخلي عن حل اللغز القديم. وعندما حدث ذلك أبقى العلماء على القواعد إلى أن اكتشف أحدهم في عام 1750 كيف يمكن تطبيقها بنجاح [3].

ذلك أن التغير في قواعد اللعبة هو وحده الذي يوفر البديل.

وتكشف لنا دراسة تقاليد العلم القياسي عن كثير من القواعد الإضافية التي تبين لنا بوضوح الالتزامات التي يستمدها العلماء من النماذج الإرشادية التي يعملون في نطاقها. ترى ما هي الفئات الرئيسية التي تندرج تحتها هذه القواعد؟[4]. أوضح هذه الفئات، وربما أيضا أكثرها إلزاما، هي أنواع التعميمات التي أشرنا إليها توا وضربنا لها الأمثلة. فهذه بيانات صريحة

عن القانون العلمي وعن المفاهيم والنظريات العلمية. إذ طالما ظلت هذه البيانات موضع تقدير، فإنها تساعد على تحديد الألغاز وتعيين الحلول المقبولة. وقد أدت قوانين نيوتن على سبيل المثال هذا الدور على مدى القرنين الثامن عشر والتاسع عشر. وطالما كانت هذه القوانين سارية المفعول ظلت فكرة كمية المادة مقولة أنطولوجية أساسية عند علماء الفيزياء حول طبيعة هذا الكون وظلت القوى الفعالة بين أجزاء المادة هي الموضوع المهيمن على البحث [5]. وفي مجال الكيمياء ظل لقوانين النسب الثابتة والمحددة تأثير مماثل تماما لزمن طويل-فعلى تحديد مشكلة الأوزان الذرية، وتعيين النتائج المقبولة للتحاليل الكيميائية، وإعلام الباحثين الكيميائيين بماهية الذرات والجزيئات والمركبات والأخلاط [6]. كذلك فإن معادلات ماكسويل وقوانين الديناميات الحرارية الإحصائية لها نفس الهيمنة والدور اليوم.

بيد أن القواعد التي من هذا النوع ليست هي الضرب الوحيد بل ولا الضرب الأهم الذي تكشف عنه الدراسة التاريخية. إذ يوجد على سبيل المثال عند مستوى أدنى أو أكثر عيانية من مستوى القوانين والنظريات كم هائل من الالتزامات نحو أنماط مفضلة نحو الأجهزة المتخصصة والسبل المشروعة لاستخدام المقبول منها. فإن تغيير الاتجاهات نحو دور النار في التحاليل الكيميائية كان أمرا له أهمية حيوية في تطور الكيمياء خلال القرن السابع عشر [7]. وواجه هلمهولتز في القرن التاسع عشر مقاومة عنيفة من جانب علماء الفسيولوجيا للفكرة القائلة إن التجريب الفيزيائي يمكن أن يجلو ميدان بحثهم ويزيده وضوحا [8]. ونلحظ خلال هذا القرن نفسه أن التاريخ اللافت للنظر للفصل الكروماتوجرافي الكيميائي يعطينا مثالا ثانيا يوضح بقاء الالتزامات إزاء الأدوات التي تزود العلماء بقواعد اللعبة، شأنها شأن القوانين والنظريات [9]. وعندما نحلل اكتشاف الأشعة السينية سنجد أسبابا تبرر التزامات من هذا النوع.

ولعل الالتزامات الأخرى التي تعتمد بصورة أقل على خصائص محلية ووقتية للعلم دون أن تكون قابلة للتغير دائما هي الالتزامات الأرقى مستوى شبه الميتافيزيقية التي تكشف عنها بانتظام الدراسة التاريخية. فبعد عام 1630 على سبيل المثال، وخاصة بعد صدور مؤلفات ديكارت التي كان لها نفوذ كبير للغاية على، الكتابات العلمية، افترض أكثر علماء الفيزياء أن

الكون يتألف من جسيمات مجهرية «ميكروسكوبية»، وأن جميع الظواهر الطبيعية يمكن تفسيرها في ضوء شكل وحجم وحركة وتفاعل الجسيمات. وثبت أن هذه المجموعة من الالتزامات إن هي إلا التزامات ميتافيزيقية بقدر ما هي التزامات منهجية «ميثودولوجية». فمن حيث أنها ميتافيزيقية أفادت العلماء عن أنواع الكيانات التي اشتمل عليها الكون وما لم يشتمل عليها: فلم يكن ثمة سوى مادة اكتسبت صورة وحركة. ومن حيث أنها منهجية، أي متعلقة بمناهج البحث، فقد أفادتهم عن الكيفية التي يجب أن تكون عليها القوانين المعلقة والتفسيرات الأساسية: يجب أن تحدد القوانين حركة وتفاعلات الجسيمات، ويجب أن يرد التفسير أي ظاهرة طبيعية معطاة إلى فعل جسيمي بموجب هذه القوانين. ولكن الشيء الأهم بها هذا أن المفهوم الجسيمي عن الكون أفاد العلماء عما ينبغي أن تكون عليه أكثر مشكلات بحوثهم. مثال ذلك أن عالم الكيمياء، مثل بويل، الذي استوعب الفلسفة الجديدة أعطى اهتماما خاصا للتفاعلات التي يمكن النظر إليها باعتبارها تحولات في العناصر الكيميائية. ولقد كشفت هذه بوضوح أكثر من سواها عن عملية إعادة الترتيب الجسيمي التي لا بد وأن تشكل أساس كل تغير كيميائي [10]. ويمكن أن نلحظ نتائج مماثلة للنظرة الجسيمية في دراسة الميكانيكا والبصريات والحرارة.

ونجد أخيرا عند مستوى أرقى مجموعة أخرى من الالتزامات والتي بدونها لا يكون المرء عالما. إذ يتعين على رجل العلم أن تشغله «على سبيل المثال» مسألة فهم العالم الذي حوله وأن يوسع مجال الدقة والمدى الذي يخضع لها هذا المجال وتنظمه. ولا بد وأن يقوده هذا الالتزام بالتالي إلى أن يدقق ويمعن النظر، سواء لنفسه أو من خلال أقرانه، في بعض جوانب الطبيعة بتفصيل تجريبي واف. وإذا كشف هذا التدقيق عن جيوب يشوبها خلل ظاهر، فلا بد وأن يستثير هذا تحديه ويحثه على العمل من أجل صقل تقنيات جديدة وصولا إلى مشاهدات أكثر دقة، أو من أجل مزيد من توضيح نظرياته. وهناك دون ريب قواعد أخرى مماثلة لهذه لها أهمية كبرى، والتزم بها العلماء في جميع الحقب والأزمان.

وإن وجود هذه الشبكة القوية من الالتزامات-المفاهيمية والأداتية والمنهجية-هو المصدر الأساسي للتشبيه المجازي الذي سقناه حين ربطنا

بين العلم القياسي وبين الألغاز. إذ نظرا لأنها تزود الباحث الممارس صاحب التخصص الناضج بالقواعد التي تقول له ما هو عالمه وما هو علمه، وأن بإمكانه أن يركز عن يقين على المشكلات المتخصصة التي تحددها له هذه القواعد ومعارف عصره. وإن ما يستثير تحديه الشخصي الآن هو كيف يصل إلى حل للغز المتبقي. وتفيد وجهة النظر هذه، وغيرها، إن دراسة الألغاز وقواعدها تيسر لنا فهما أفضل لطبيعة الممارسة العلمية القياسية. بيد أن وجهة نظر أخرى تقرر أن هذه المقابلة يمكن أن تسبب خلطا كبيرا. إذ على الرغم من وجود قواعد يلتزم بها في زمن معين جميع أهل التخصص العلمي، إلا أن تلك القواعد قد لا تحدد بذاتها كل الخصائص المشتركة في الممارسة العلمية لأولئك الأخصائيين. إن العلم القياسي نشاط محدد لدرجة كبيرة للغاية. ولكن ليس ضروريا أن تحدده القواعد تحديدا كاملا وشاملا. وهذا هو السبب في أنني في مستهل هذه الدراسة، تحدثت عن نماذج إرشادية مشتركة وليس عن قواعد مشتركة وافتراضات ووجهات نظر باعتبار أن تلك النماذج هي مصدر الترابط والاتساق بين تقاليد البحث القياسي. وعندي أن القواعد تشتق من النماذج الإرشادية غير أن النماذج الإرشادية يمكنها أن توجه البحث حتى في حالة عدم وجود قواعد.

# 5 أسبقية النماذج الإرشادية

لكي تكتشف العلاقة بين القواعد والنماذج الإرشادية والعلم القياسي علينا أن نتأمل أولا كيف يحصر المؤرخ مواضع الالتزام الخاصة التي وصفناها توا بأنها القواعد المسلم بصحتها. وإن الدراسة التاريخية المدققة لتخصص علمي محدد، في فترة زمنية معينة، إنما تكشف عن مجموعة من الأمثلة التوضيحية المتكررة وشبه المعيارية لنظريات متباينة فيما يتعلق باستخداماتها على مستوى المفاهيم والأدوات والمشاهدات. وهذه هي النماذج الإرشادية لجماعة البحث العلمي، التي تعرضها الكتب الدراسية والمحاضرات والتطبيقات المعملية. وحين يدرسها أعضاء جماعة البحث، ويسترشدون بها في التطبيقات العملية، فإنهم يتعلمون تخصصهم. وطبعي أن المؤرخ سيكتشف علاوة على هذا منطقة شبه ظل تشغلها إنجازات لا تزال موضع شك وتساؤل من حيث وضعها، إلا أن لب المشكلات التي تسنى حلها والتقنيات يكون واضحا عادة. وعلى الرغم من مظاهر اللبس والغموض التي تبدو بين الحين والآخر، إلا أن من اليسير نسبيا تحديد النماذج الإرشادية لمجتمع علمي بلغ حد النضج.

بيد أن تحديد النماذج الإرشادية المشتركة ليس تحديدا للقواعد المشتركة. إذ أن هذا يستلزم خطوة ثانية ومن نوع مغاير إلى حد ما. وحين يضطلع المؤرخ بهذه الخطوة يتعين عليه أن يقارن بين النماذج الإرشادية للمجتمع العلمي بين بعضها بعضا، وكذلك بينها وبين التقارير التي تصدرها جماعة البحث عن بحوثها العلمية.

وهدف المؤرخ لا هو اكتشاف العناصر التي يمكن عزلها صراحة أو ضمنا، والتي من المحتمل أن يكون أعضاء هذا المجتمع قد استخلصوها من نماذجهم الإرشادية الأكثر شمولا وعمومية لتكون قواعد لبحوثهم. وإن كل من حاول وصف أو تحليل تطور تقليد علمي محدد لا بد وأنه التمس بالضرورة في مسعاه معرفة هذا النوع من المبادئ والقواعد المسلم بها. وكما يشير الفصل السابق فإن النجاح هنا مؤكد ولو بصورة جزئية. ولكن إذا كانت خبرته تشبه إجمالا خبرتي فلا بد وأن سيبين له أن مهمة البحث عن القواعد أشد صعوبة وأقل إقناعا من البحث عن النماذج الإرشادية. إن بعض القواعد العامة التي يستند إليها في وصف المعتقدات المشتركة بين أعضاء الجماعة العلمية لن تثير أي مشكلة. ولكن بعضها، بما في ذلك بعض القواعد العامة التي أسلفنا عرضها كأمثلة توضيحية ستبدو أقوى قليلا. وسواء صيغت في عبارات مماثلة لهذه، أو بأي صياغة أخرى يمكن أن يتخيلها، فإن مصيرها بالضرورة الرفض من جانب بعض أعضاء الجماعة العلمية التي يدرسها. ومع هذا فإن كان لابد من قواعد يتم في ضوئها فهم الترابط المنطقي لتقاليد البحث، فسوف يكون ضروريا تحديد الأرض المشتركة في المجال المناظر. ونتيجة لذلك فإن البحث عن بنية من القواعد تكون أساسا لتراث بحث قياسي محدد سوف يصبح مصدر إحباط مطرد وشديد.

ولكن الاعتراف بهذا الإحباط ييسر لنا تشخيص مصدره. إذ يمكن للعلماء أن يتفقوا على أن شخصا مثل نيوتن أو لافوازييه أو ماكسويل أو آينشتين قدم حلاً دائما في ظاهرة لمجموعة من المشكلات البارزة، ولكنهم لا يزالون مختلفين، دون أن يدركوا ذلك عن وعي أحيانا، بشأن الخصائص التجريدية المميزة التي تجعل من هذه الحلول حلولا دائمة. إنهم يستطيعون مثلا الاتفاق على تحديد نموذج إرشادي دون أن يتفقوا على، أو حتى

محاولة الاتفاق على، تأويل أو فهم عقلاني كامل له. وهكذا يمكن للنموذج الإرشادي أن يوجه البحوث حتى وإن لم ييسر لنا تفسيرا معياريا أو قواعد أساسية متفق عليها. وتساعد الدراسة المباشرة للنماذج الإرشادية على أن نحدد جزئيا درجة تطور العلم القياسي. وإذا كانت هذه الدراسة تعد أمرا يسيرا بفضل وجود قواعد وفروض علمية أحسنت صياغتها بوضوح إلا أنها لا تتوقف عليها. والحقيقة أن وجود نموذج إرشادي لا يحتاج حتى إلى أن يفيد ضمنا بوجود مجموعة كاملة من القواعد [1].

والشيء الحتمي أن أول نتيجة لتلك البيانات هي إثارة المشكلات. فإن لم توجد جملة من القواعد وافية بالغرض: فما الذي يلزم العالم بتقليد محدد للعلم القياسي؟ وما الذي تعنيه حينئذ عبارة «الفحص المباشر للنماذج الإرشادية»؟ والجدير بالذكر أن الفيلسوف الراحل لودفيج فتجنشتين قدم إجابات جزئية على أسئلة من هذا الطراز، وإن كان قد طرحها ضمن سياق مغاير تماما. وحيث أن ذلك السياق يتصف في آن واحد بأنه سياق أولى وأكثر ألفة لنا، لذلك فإنه سيساعد على أن نتدبر أولا صورة الحجة التي ساقها. سأل فتجنشتين ما الذي نحتاج إلى معرفته لكي نستخدم مصطلحات مثل «كرسي» أو «ورقة شجر» أو «لعبة» استخداما واضحا لا لبس فيه ودون حاجة إلى جدال ومحاجّا؟ [2].

هذا السؤال قديم جدا وأجيب عليه إجابة عامة أقول يجب علينا أن نعرف، عن وعي عقلي أو حدسي ماذا يكون الكرسي أو ورقة الشجر أو اللعبة. بمعني أنه يتعين علينا أن ندرك قدرا من الصفات المشتركة بين جميع أنواع اللعب، واللعب فقط دون سواها. بيد أن فتجنشتين يخلص من هذا إلى أننا إذا ما عرفنا أسلوب استخدامنا للغة ونوع العالم الذي نستخدم معه هذه اللغة وتطابقها معه، فلن تكون ثمة حاجة إلى مثل هذه المجموعة من الخصائص كشرط لازم. إذ على الرغم من أن دراسة بعض الصفات المشتركة بين عدد من اللعب أو الكراسي أو أوراق الشجر تساعدنا في الغالب على تعمم كيف نستخدم المصطلح المقابل لها عن وعي، إلا أنه لا توجد مجموعة من الخصائص التي يمكن أن تطبق في آن واحد على جميع أفراد الفئة دون سواها. ومن ناحية أخرى فحين نكون قبالة نشاط جديد علينا، فإننا نطلق عليه مصطلح «لعبة» نظرا لما هناك من «أوجه شبه

مألوفة» بين ما نراه وبين عدد من الأنشطة الأخرى التي تعلمنا سابقا أن نسميها بهذا الاسم. صفوة القول أن فتجنشتين يرى أن اللعب والكراسي وأوراق الشجر هي فصائل طبيعية ميزت كلا منها شبكة من أوجه الشبه المتداخلة والمتقاطعة. ووجود مثل هذه الشبكة كاف لتفسير نجاحنا في التعرف على النشاط أو الموضوع المقابل. وإذا تداخلت الفصائل التي سميناها وامتزجت ببعضها البعض تدريجيا فإنه هنا فقط-وتعنى كلمة فقط أنه إذا لم تكن هناك فصائل طبيعية-يستطيع نجاحنا في التعرف على الأشياء وتسميتها أن يكون بينة ودليلا على وجود مجموعة من الخصائص المشتركة التي تناظر كلا من أسماء الفئة التي نستخدمها.

وقد يصدق تماما شيء من نفس النوع على مشكلات وتقنيات البحث المختلفة التي تظهر في إطار تقليد محدد للعلم القياسي. وإن ما هو مشترك بينها ليس أنها تفي بمجموعة من القواعد والافتراضات الصريحة إلى حد ما أو التي حتى يمكن الكشف عنها، وهي المجموعة التي تضفي على التقليد طابعها المميز وتسيطر على العقل العلمي. إنها بدلا من ذلك قد ترتبط ببعضها على أساس التشابه وأنها تأتي على غرار هذا الجزء أو ذاك من البناء العلمي الذي سلمت به الجماعة العلمية موضوع البحث واعتبرته جزءا مكملا من إنجازاتها المستقرة. إن العلماء يعملون انطلاقا من نماذج اكتسبوها من خلال دراستهم ومن خلال مطالعاتهم بعد ذلك لأدبيات العلم ودون أن يعرفوا في الغالب، أو دون أن يكونوا بحاجة إلى أن يعرفوا، ماهية الخصائص التي أضفت على هذه النماذج مكانة النماذج الإرشادية للجماعة العلمية. وبناء على ذلك فإنهم لا يكونون بحاجة إلى مجموعة كاملة من القواعد. وأن التلاحم الذي تكشف عنه تقاليد البحث الذي يشاركون فيه ربما لا يدل ولو ضمنا على وجود مجموعة أساسية من القواعد والافتراضات والتي يمكن أن يكشف عنها فيما بعد بحث تاريخي أو فلسفي. ونظرا لأن العلماء لا يسألون عادة أو لا يجادلون فيما من شأنه أن يجعل مشكلة ما أو حلا ما أمرا مشروعا، فإن هذا يغرينا بأن نفترض بأنهم يعرفون الإجابة ولو حدسا على الأقل، ولكن هذا قد يفيد فقط أنهم يدركون أنه لا السؤال ولا الجواب له صلة وثيقة بموضوع بحثهم. فقد تكون النماذج الإرشادية أسبق على، وأكثر إلزاما واكتمالا من، أي مجموعة من القواعد الخاصة

بالبحث والتي يمكن استخلاصها منها بصورة واضحة تمام الوضوح.

لا تزال هذه النقطة حتى الآن نظرية تماما : النماذج الإرشادية يمكن أن تحدد العلم القياسي دون توسط قواعد يمكن الكشف عنها . وليسمح لي القارئ أن أحاول الآن أن أزيد تلك النقطة وضوحا وتأكيدا لضرورتها وذلك بالإشارة إلى بعض الأسباب التي تدعو إلى الاعتقاد بأن النماذج الإرشادية تعمل بالفعل في هذا الاتجاه ولها هذا الدور. أول هذه الأسباب، سبق مناقشتها باستفاضة كاملة، هو الصعوبة الشديدة التي تواجهنا في سبيل اكتشاف القواعد التي وجهت بعض تراث العلم القياسي وهي مشكلة قريبة الشبه جدا من تلك التي تواجه الفيلسوف حين يحاول بيان القسمات المشتركة بين جميع أنواع اللعب. والسبب الثاني، يعتبر الأول في الحقيقة نتيجة لازمة عنه منطقيا، له جذوره المتأصلة في طبيعة تدريس العلوم. فالعلماء، كما سبق أن أوضحنا، لا يتعلمون أبدا المفاهيم والقوانين والنظريات في صورة مجردة كشيء مستقل بذاته. بل على العكس فالملاحظ أنهم منذ البداية يلتقون بهذه الأدوات الذهنية في وحدة مسبقة تاريخية وتربوية وتفيد هذه الوحدة في توضيح تلك الأدوات الذهنية مع تطبيقاتها العملية ومن خلالها. فكل نظرية جديدة يأتي الإعلان عنها دائما مع سلسلة من التطبيقات المحددة على ظواهر طبيعية، وبدونها لا تكون حتى أهلا للنظر والبحث، وبعد قبولها تقترن هذه التطبيقات نفسها أو غيرها بالنظرية وتلازمها عند عرضها في الكتب الدراسية التي يتعلم منها ممارس المستقبل تخصصه ولا يأتي عرضها هنا مجرد زخرف وزينة أو حتى لمجرد التوثيق. بل على العكس، فإن عملية تعلم نظرية ما تتوقف على دراسة تطبيقاتها، بما في ذلك حل المسائل العملية سواء عن طريق استخدام الورقة والقلم أو عن طريق أدوات داخل المعمل. فلو أن هناك على سبيل المثال طالبا يدرس ديناميكات نيوتن واكتشف يوما ما معنى مصطلحات مثل «القوة» و«الكتلة» و«المكان» و«الزمان» فإن ما يكتشفه ذلك من خلال التعريفات غير الكاملة، وإن تكن أحيانا تعريفات مساعدة، التي وردت ضمن النص الدراسي أقل مما يكتشفه من خلال المشاهدة والمشاركة في تطبيق هذه المفاهيم على حل المسائل.

إن عملية التعلم من خلال التمرينات أو من خلال الأداء العملي إنما

تستمر طوال عملية تعلم المبادئ الأولية لممارسة التخصص. وإذ يواصل الطالب مسيرته انطلاقا من السنة الجامعية الأولى وحتى إعداد رسالته لنيل درجة الدكتوراه، تصبح المسائل المطروحة عليه أكثر تعقيدا وأقل صلة من سابقاتها. بيد أنها تستمر على تماثلها الوثيق مع إنجازات سابقة مثلما هو الحال بالنسبة للمشكلات التي سوف تشغله بصورة طبيعية طوال حياته العلمية المستقلة فيما بعد. ويبدو واضحا أن المرء حر في أن يفترض أن رجل العلم في لحظة ما على مدى هذه العملية يستخلص لنفسه بصورة حدسية قواعد اللعبة لنفسه، وإن لم يكن ثمة مبرر قوى للاعتقاد بذلك. وعلى الرغم من أن علماء كثيرين يتحدثون في يسر وبوعي عن الافتراضات الفردية الخاصة التي يرتكز عليها أي بحث محدد من البحوث الموضوعية الجادة، إلا أنهم ليسوا أفضل كثيرا من غير المتخصص عند تحديد الأسس المعتمدة لمجال بحثهم ومشكلاته وطرق بحثه المشروعة. ولو أنهم تعلموا مثل هذه التجريدات وألفوها أصلا، لعمدوا إلى عرضها بفضل كفاءتهم في أداء بحوث ناجحة. غير أن هذه القدرة يمكن فهمها وتفسيرها دون الاستعانة بالقواعد الافتراضية للعبة.

وأن هذه النتائج المترتبة على التربية العلمية لها مقابلها وعكسها الذي يمثل السبب الثالث الذي يدعونا إلى افتراض أن النماذج إنما توجه البحث عن طريق النمذجة المباشرة «الصياغة المباشرة على غرار النموذج»، وكذلك أن خلال القواعد المجردة. والعلم القياسي يمكنه الانطلاق بدون قواعد ولكن في حالة واحدة فقط، وذلك عندما يسلم المجتمع العلمي صاحب الاختصاص دون جدال بحلول المشكلات الخاصة التي تم إنجازها. ولهذا حري بأن تصبح القواعد أمرا له شأنه وأهميته، وأن تختفي حالة اللامبالاة المميزة بشأنها، حيثما رؤى أن النماذج الإرشادية أو النماذج غير المأمونة. وهذا هو بالضبط ما يحدث بالفعل إذ تتميز عادة الفترة السابقة على النموذج الإرشادي بخاصة بغلبة الحوار والمناظرات المتكررة والعميقة بشأن مناهج البحث المشروعة والمشكلات ومعايير حلها على الرغم من أن هذه كلها تفيد على الأخص في تحديد معالم الدارس أكثر مما تفيد في الوصول إلى اتفاق إجماعي. وسبق أن أشرنا إلى بعض هذه المناظرات في مجال البصريات والكهرباء، وكان لها دور أكبر في تطور علم الكيمياء خلال القرن

السابع عشر وتطور علم الجيولوجيا في مطلع القرن التاسع عشر [3]. زد على هذا أن مناظرات من هذا الطراز لا تختفي مرة وإلى الأبد فور ظهور النموذج الإرشادي. إذ على الرغم من أنها تكاد لا تكون موجودة خلال فترات العلم القياسي، إلا أنها تتواتر بانتظام قبيل الثورات العلمية مباشرة وفي أثنائها، وهي الفترات التي تكون فيها النماذج الإرشادية عرضة للهجوم ثم موضوعا للتغير. إن الانتقال من ميكانيكا نيوتن إلى ميكانيكا الكم أثار مناظرات كثيرة بشأن كل من طبيعة الفيزياء ومعاييرها، وهي مناظرات لا يزال بعضها دائرا حتى الآن [4]. ولا يزال على قيد الحياة رجال يتذكرون المناقشات الحامية التي أثارتها النظرية الكهرومغناطيسية التي قال بها ماكسويل كما أثارتها الميكانيكا الإحصائية [5]. وخلال فترة سابقة على هذا أدى استيعاب ميكانيكا جاليليو ونيوتن إلى إثارة سلسلة من المناظرات اكتسبت شهرة خاصة مع أنصار أرسطو وديكارت وليبنتز بشأن المعايير المشروعة للعلم [6]. والخلاصة أن العلماء حين يختلفون حول ما إذا كانت المشكلات الأساسية في مجال بحثهم قد تم حلها أم لا، فإن البحث عن القواعد يصبح له دور غير أدواره العادية. إلا أن النماذج الإرشادية حين تبقى آمنة ومؤكدة فإنها تستطيع أداء وظيفتها دون اتفاق بشأن التبرير العقلي، أو بدون أي محاولة للتبرير العقلي على الإطلاق.

وثمة سبب رابع يعطى النماذج الإرشادية مكانة أسبق على القواعد والافتراضات المشتركة، وبه نختم هذا الفصل. لقد ألمحنا في مقدمة هذه الدراسة إلى إمكانية حدوث ثورات صغيرة وأخرى كبيرة وإلى أن بعض الثورات تؤثر فقط على أبناء تخصص فرعى لمهنة بذاتها، وأن مجرد اكتشاف ظاهرة جديدة وغير متوقعة يمكن أن يكون حدثا ثوريا بالنسبة لمثل هذه الجماعات. وسوف يعرض الفصل التالي من خلال هذا المنظور، عددا من الثورات المختارة من هذا النوع، وإن لم يتضح بعد حتى الآن كيف تقوم. فإذا كان العلم القياسي شديد الصرامة، وإذا كانت الجماعات العلمية شديدة التلاحم على نحو ما يبين من العرض السابق، فكيف إذن يؤثر التغير في النموذج الإرشادي على جماعة فرعية فقط دون سواها؟ إن ما قيل حتى الآن ربما يفيد في ظاهره أن العلم القياسي مشروع واحد متجانس وموحد ولا بد أن يقوم أو يسقط مع أي نموذج من نماذجه الإرشادية وكذلك معها

جميعها. ولكن العلم، كما هو واضح، نادرا ما يكون كذلك، أولا يمكن أن يكون كذلك البتة. وإذا ألقينا نظرة شاملة على جميع مجالات البحث معا فسوف يبدو لنا بدلا عن ذلك أنه في الغالب بنية متداعية، أجزاؤها المتباينة ضعيفة التماسك. غير أن كل ما قيل حتى الآن ليس فيه ما يتعارض مع تلك الملاحظة المألوفة تماما. بل على العكس فإن إيدال فكرة النماذج الإرشادية بالقواعد من شأنه أن يجعل تباين المجالات والتخصصات العلمية أيسر فهما. فالقواعد الصريحة حين توجد، تكون عادة مشتركة مع جماعة علمية واسعة جدا، ولكن النماذج الإرشادية ليست كذلك. والجدير بالملاحظة أن الباحثين في مجالات مستقلة ومتباينة، لنقل مثلا الفلك وعلم النبات التصنيفي إنما يتعلمون من خلال تلقيهم لإنجازات شديدة التباين يجرى عرضها في كتب شديدة الاختلاف. بل إن الباحثين الذين يضمهم مجال واحد أو عدة مجالات وثيقة الصلة ببعضها، ويبدأون بدراسة عامة لنفس الاكتشافات ونفس الكتب قد يكتسبون نماذج إرشادية مختلفة خلال عملية التخصص المهني.

ولنتأمل مثالا وحيدا، المجتمع الواسع للغاية، والمتباين كثيرا، الذي يضم جميع علماء الفيزياء. إن كل واحد من أبناء هذا الفريق يتعلم الآن، لنقل مثلا، قوانين ميكانيكا الكم، ويستخدم أكثرهم هذه القوانين في هذا الموضع أو ذاك من بحوثهم أو تعليمهم. ولكنهم لا يتعلمون جميعا ذات التطبيقات لهذه القوانين، ولهذا فإنهم لا يتأثرون جميعا بطريقة واحدة بالتغيرات التي تطرأ على مجال ممارسة ميكانيكا الكم. ويحدث أثناء عملية التخصص ألا يصادف بعض علماء الفيزياء سوى المبادئ الأساسية لميكانيكا الكم. هذا بينما يدرس آخرون بإفاضة وتفصيل تطبيقات النموذج الإرشادي لهذه المبادئ على الكيمياء بينما يدرسها آخرون في التطبيقات على فيزياء الجوامد.. وهكذا. إن معنى ميكانيكا الكم بالنسبة لكل منهم رهن بالمقرر الدراسي الذي تعلمه، وبالكتب الدراسية التي قرأها، والصحف العلمية التي طالعها ويطالعها. يلزم عن هذا أنه على الرغم من أن تحولا معينا في قانون ميكانيكا الكم سيمثل حدثا ثوريا في نظر جميع هذه الفرق، إلا أن التحول الذي ينعكس فقط على هذا النموذج الإرشادي أو ذاك لتطبيقات ميكانيكا الكم قد لا يكون بالضرورة ثوريا بالنسبة لأعضاء تخصص فرعى

مهني بذاته. أما بالنسبة لبقية المهنة وبالنسبة لأولئك الذين يعملون في مجال آخر من مجالات علم الفيزياء، فليس من الضروري وصف هذا التحول بالثورية على الإطلاق. وصفوة القول أنه على الرغم من أن ميكانيكا الكم (أو دينكاميكا نيوتن أو النظرية الكهرومغناطيسية) تعد نموذجا إرشاديا لجماعات علمية كثيرة، إلا أنها ليست ذات النموذج الإرشادي لهم جميعا. وهكذا يمكنها أن تحدد في آن واحد تقاليد عديدة للعلم القياسي التي تتوافق زمانا دون أن تتطابق مجالا. إذ أن حدوث ثورة في إطار تقليدي من هذه التقاليد لا تمتد بالضرورة إلى التقاليد الأخرى بالمثل.

ولعل مثالا توضيحيا موجزا لأثر التخصص يعطى هذه السلسلة من الأفكار قوة إضافية. ذلك أن باحثا بدا له أن يعرف ما تمثله النظرية الذرية للعلماء، ومن ثم سأل واحدا من علماء الفيزياء المبرزين، وآخر من علماء الكيمياء المرموقين، عما إذا كانت ذرة الهليوم الواحدة تعتبر جزيئا أم لا. سيجيب كل منهما دون تردد، ولكن لن تكون إجابتيهما واحدة ومتطابقة. ففي نظر عالم الكيمياء تعتبر ذرة الهليوم جزيئا لأنها تسلك سلوك الجزيء بالنسبة للنظرية الحركية للغازات. أما عالم الفيزياء فيرى أن ذرة الهليوم ليست جزيئا لأنها لم تكشف عن طيف جزئي [7]. والأمر المسلم به مقدما أن كلا العالمين كانا يتحدثان عن ذات الذرة، ولكن كلا منهما كان ينظر إليها من خلال تدربه البحثي وممارسته الخاصة. إن خبرتيهما في حل المسائل حددت لهما ما يجب أن يكون عليه الجزيء. ولا ريب في أن هناك قاسما مشتركا كبيرا بين خبرتيهما، ولكن الخبرتين لم تقولا ذات الشيء، في هذه الحالة، للعالمين المتخصصين. وسوف يبين لنا من خلال دراستنا التالية إلى أي مدى يمكن لاختلافات من هذا النوع في النماذج الإرشادية أن تفضي أحيانا إلى نتائج خطيرة الشأن.

# 6 الشذوذ وانبثاق الاكتشافات العلمية

العلم القياسي، أي نشاط حل الألغاز الذي فرغنا من دراسته توا، هو مشروع تراكمي بدرجة عالية، ناجح بصورة رائعة في بلوغ هدفه وهو الاتساع المطرد في مدى ودقة المعارف العلمية. وهو في هذا كله يتسق بدقة كبيرة مع الصورة المألوفة لدينا تماما عن العمل العلمي. ولكن يعوزه مع ذلك ناتج معياري للمشروع العلمي. فالعلم القياسي لا يهدف إلى الكشف عن إبداعات جديدة، لا من حيث صلب النظرية ولا الوقائع، وإذا حالفه النجاح في بحثه لا يكشف عن شيء من هذا. غير أن البحث العلمي غالبا ما يكشف عن ظواهر جديدة وغير مرتقبة، كما أن العلماء يبدعون دائما نظريات جديدة جذريا. بل إن التاريخ يحدثنا عن أن المشروع العلمي قد استحدث أسلوبا تقنيا فعالا وفريدا لإنتاج مفاجآت من هذا الطراز. وإذا أمكن التوفيق بين هذه الخاصية وبين ما أسلفنا الحديث عنه الآن، سيبين لنا أن البحث على هدى نموذج إرشادي لابد أن يكون أسلوبا فعالا على نحو متميز في سبيل الحث على تغيير النموذج الإرشادي. وهذا

هو عين ما تفعله الإبداعات الأساسية في مجال الواقع والنظرية: إنها حصاد سهو، أو ثمار غير متعمدة خلال أداء اللعبة وفق مجموعة من القواعد، ويقتضي استيعابها صوغ مجموعة أخرى من القواعد. وبعد أن تصبح جزءا من العلم لا يكون المشروع البتة هو نفسه مرة أخرى، على الأقل فيما يتعلق بالأخصائيين الذين تدخل تلك الإبداعات في مجال تخصصهم.

ويتعين علينا أن نسأل الآن كيف تحدث التغيرات التي من هذا النوع، على أن نتدبر أولا الاكتشافات أو التجديدات في الوقائع، ثم الابتكارات أو التجديدات في النظرية. بيد أن هذا التمييز بين الاكتشاف وبين الابتكار، أو بين الواقع والنظرية، سيثبت فورا أنه تمييز مصطنع إلى أقصى حد. وبيان أنه مصطنع مفتاح هام لفهم العديد من القضايا الرئيسية التي تطرحها دراستنا هذه. إذ ما أن نبدأ خلال هذا الفصل في تفحص عدد من الاكتشافات المختارة حتى ندرك سريعا أنها ليست أحداثا منعزلة بل إنها سلسلة ممتدة متعددة الحلقات ذات بنية متواترة الوقوع بانتظام يبدأ الاكتشاف مع إدراك الشذوذ أو الخروج عن القياس، أي مع وجود انطباع بأن الطبيعة قد ناقضت بصورة أو بأخرى التوقعات المرتقبة في إطار النموذج الإرشادي الذي ينظم العلم القياسي. تتبع هذا محاولة قد تطول أو تقصر لاستكشاف نطاق الشذوذ. ولا تتوقف إلا حينما تتم ملاءمة نظرية النموذج الإرشادي بحيث تصبح الظاهرة الشاذة ظاهرة متوقعة. وإن استيعاب نوع جديد من الوقائع يستلزم ما هو أكثر من تكملة أو ملاءمة إضافية تضاف إلى النظرية، وإلى أن يتم استكمال تلك الملاءمة-أي إلى أن يكتشف رجل العلم كيف يرى الطبيعة على نحو مغاير-تظل الواقعة الجديدة واقعة غير علمية البتة.

وحتى نتبين مدى التداخل الوثيق بين الجدة النظرية والوقائعية في الاكتشاف العلمي، سوف ندقق النظر معا في مثال شهير متميز وهو اكتشاف الأكسجين. هناك على الأقل ثلاثة رجال لهم حق مشروع في ادعاء اكتشافه، علاوة على عديد غيرهم من الكيميائيين الذين صنعوا بالضرورة مع مطلع السبعينات من القرن الثامن عشر داخل أنبوبة من أنابيب المعمل ما أخصب الهواء بالأكسجين دون أن يفطنوا إلى ذلك [1]. ففي مجال كيمياء الغازات نجد أن التقدم الذي أحرزه العلم القياسي، ونعني به في هذه الحالة كيمياء

الهوائيات المضغوطة، مهد السبيل لانطلاقة باهرة وشاملة تماما. وأول من له حق الادعاء بأنه قام بتحضير عينة نقية نسبيا من الغاز «الأكسجين» هو الصيدلي السويدي ك. و. سكيل C.W.Scheele غير أن بالإمكان إغفال جهده في هذا الشأن نظرا لأنه لم يصدر إلا بعد الإعلان عن اكتشاف الأكسجين مرارا في أماكن أخرى. ومن ثم لم يكن له تأثير على المسار التاريخي للأحداث وهو أهم ما يعنينا هنا الآن [2]. وثاني أصحاب الحق في الادعاء خلال هذه الفترة الزمنية هو العالم ورجل الدين البريطاني جوزيف بريستلي الذي جمع الغاز المنطلق بفعل تسخين أكسيد الزئبق الأحمر باعتباره بندا ضمن سلسلة بحوث عادية طويلة لدراسة الغازات أو الهوائيات المنبعثة بفعل عدد كبير من المواد الصلبة. وحدد في عام الغاز الناتج عن ذلك بأنه أكسيد النتروز ثم وصفه في عام 1775 بعد مزيد من التجارب بأنه هواء عادي يحتوي على كمية أقل من المعتاد من الفلوجستون. والمدعي الثالث هو لافوازييه الذي بدأ عمله الذي قاده إلى اكتشاف الأكسجين بعد تجارب بريستلي في عام 1774، وربما بناء على إشارة خفية أو إيحاء من جانب العالم الإنجليزي بريستلي. فقد كتب لافوازييه في مطلع عام 1775 أن الغاز الناتج عن تسخين أكسيد الزئبق الأخر هو «الهواء ذاته دون أي تغيير (فيما عدا).... أنه ينبعث أكثر نقاء وأكثر صلاحية للتنفس [3] ومع بداية عام 1777 وربما بفضل إلماحة ثانية من بريستلي، خلص لافوازييه إلى أن الغاز نوع متميز، وأحد العنصرين الرئيسيين في الغلاف الغازي، وهي نتيجة أبى بريستلي الموافقة عليها ولم يستطع قبولها.

هذا النمط من الاكتشاف يثير سؤالا يمكن طرحه بشأن كل ظاهرة جديدة دخلت مجال وعي العلماء. هل هو بريستلي أم لافوازييه، أم لا هذا ولا ذاك، هو أول من اكتشف الأكسجين؟ وفي جميع الأحوال متى اكتشف الأكسجين؟ وحسب هذه الصيغة الثانية فإن السؤال يمكن أن نسأله حتى لو أن هناك واحد فقط ادعى بذلك؟ فليس هدفنا هنا أبدا الاهتداء إلى إجابة تصلح قاعدة عامة عند الرد على الأسئلة المتعلقة بالأسبقية والتاريخ. غير أننا حين نحاول جاهدين الوصول إلى هذه الإجابة فذلك لأن من شأنها أن توضح لنا طبيعة الاكتشاف، وبالأحرى لأنه لا توجد إجابة عن النوع الذي نلتمسه. فإن الاكتشاف ليس هو نوع العملية التي يلتمس السؤال

إجابة عليه. والواقعة التي ينصب عليها السؤال بشأنها-إذ أن مسألة أسبقية الأكسجين كانت موضوع جدال متواتر منذ 1780-هي عرض أو ظاهرة لوجود خلل في صورة العلم من شأنه أن يضفي على الاكتشاف دورا أساسيا للغاية. ولنحاول أن ندقق النظر ثانية في مثالنا.

إن زعم بريستلي بأنه مكتشف الأكسجين قائم على أساس أنه الأسبق في عزل غاز تم الاعتراف فيما بعد بأنه عنصر متميز. بيد أن عينة بريستلي لم تكن نقية تماما، وإذا كان القول بأن الحصول على أكسجين غير نقي بين يدي الباحث يعني اكتشافه، فإن هذا قد حدث مع كل من عبأ في زجاجة هواء من الغلاف الغازي. ومع هذا، فلو أن بريستلي هو المكتشف يبقى السؤال متى وقع الاكتشاف؟ لقد ظن في عام 1774 أنه حصل على أكسيد النتروز، وهو نوع يعرفه من قبل. وفي عام 1775 رأى الغاز على أنه غاز خال من الفلوجستون، أي تم تخليصه من الفلوجستون ولكنه لا يزال شيئا آخر غير الأكسجين أو أنه في نظر الكيميائيين المؤمنين بعنصر الفلوجستون نوع آخر من الغاز غير المتوقع تماما. ولكن ربما كانت دعوى لافوازييه أقوى حجة، إلا أنها تثير ذات المشكلات. فلو أننا حرمنا بريستلي من هذا الفوز فإننا لا نستطيع أن ننسبه إلى لافوازييه بفضل جهوده خلال عام 1775 الذي قاده إلى تحديد الغاز بأنه «الهواء ذاته نقيا». ولعل الأوفق أن ننتظر جهود لافوازييه خلال عامي 1776 و 1777 التي انتهى منها لا إلى أن يرى الغاز فحسب بل وأن يكشف عن ماهية الغاز كذلك. ولكن مع هذا كله فإن نسبة ذلك النصر إليه لا يزال عرضة للشك والريبة نظرا لأن لافوازييه ظل منذ عام 1977 وإلى أن وافته المنية يصر على أن الأكسجين «مبدأ حموضة» ذري، atomic principle of acidity وأن غاز الأكسجين إنما تكون فقط عندما اتحد ذلك «المبدأ» مع السيال الحراري، أي مادة السخونة [4]. فهل لنا إزاء ذلك أن نقول إن الأكسجين لم يكن قد اكتشف بعد في عام 1777؟ قد يستهوي البعض هذا الرأي ويأخذون به. ولكن مبدأ الحموضة لم ينتف من الكيمياء إلا بعد عام 1810، وظلت فكرة السيال الحراري متعثرة حتى انتفت في ستينات القرن التاسع عشر. وقد أصبح الأكسجين جوهرا كيميائيا معياريا قبل أي من هذين التاريخين.

واضح أننا بحاجة إلى معجم ومفاهيم جديدة لتحليل أحداث مثل اكتشاف

الأكسجين. إذ على الرغم من أن جملة «تم اكتشاف الأكسجين» صحيحة دون ريب، إلا أنها تضللنا من حيث أنها تفيد أن اكتشاف شيء ما هو عمل واحد بسيط يشبه مفهومنا العادي (والمثير للتساؤل والشك أيضا) عن الرؤية. وهذا هو السبب في أننا نفترض، عن طيب خاطر، أن الاكتشاف شأنه شأن الرؤية أو اللمس، ينبغي أن نعزوه بوضوح ودون موارية إلى فرد بذاته وإلى لحظة زمنية محددة. بيد أن نسبته إلى لحظة زمنية بذاتها أمر مستحيل، وكذلك الحال فيما يتعلق بنسبته إلى شخص ما. فإذا أغفلنا سكيل، يمكن أن نطمئن إلى قولنا إن الأكسجين لم يكتشف قبل 1774 وربما جاز لنا أن نقول كذلك إنه اكتشف في آخر عام 1777 أو بعده بقليل. ولكن في إطار تلك الحدود، أو أي حدود أخرى مشابهة، فإن أي محاولة لتاريخ الاكتشاف لابد أن تكون بالقطع عملا تعسفيا ذلك لأن اكتشاف ظاهرة من نوع جديد هو بالضرورة حدث مركب يشتمل على التسليم بكل من وجود الشيء وماهية الشيء في آن واحد. ولنلاحظ على سبيل المثال أن الأكسجين لو كان بالنسبة لنا هواء خاليا من الفلوجستون فإننا سوف نصر دون تردد على أن بريستلي هو الذي اكتشفه، حتى وإن كنا لا نزال نجهل بالدقة متى. ولكن إذا كان وجها المشكلة، وهما كل من المشاهدة والصياغة الذهنية، أو الواقع واستيعاب هذا الواقع في نظرية، عملين مرتبطين ببعضهما ولا انفصال بينهما في الاكتشاف، إذن فإن الاكتشاف عملية، لابد لها أن تتم في زمان ما. ومن ثم فإنه بعد أن تتوفر مقدما جميع المقولات الذهنية ذات الصلة، حيث لم تعد الظاهرة في هذه الحالة نوعا جديدا، هنا فقط يمكن أن يتم اكتشاف ذلك الشيء (أي وجود الظاهرة) واكتشاف ما هو الشيء (أي طبيعة الظاهرة) في سهولة ويسر، كلاهما معا وفي لحظة واحدة.

لنسلم جدلا الآن أن الاكتشاف يشتمل على عملية للاستيعاب المفاهيمي، وأنها عملية بطبيعتها ممتدة في الزمان، وإن لم تكن لمدة طويلة بالضرورة. هل يمكن لنا أن نقول أيضا إنها تشتمل على تحول في النموذج الإرشادي؟ لا يمكن أن نقدم إجابة عامة على هذا السؤال الآن، ولكي يتعين، في هذه الحالة على الأقل، أن نجيب بنعم. إن ما أعلنه لافوازييه في أوراقه منذ عام 1777 فصاعدا لم يكن اكتشاف الأكسجين بقدر ما هو نظرية الاحتراق بفعل الأكسجين. ولقد كانت هذه النظرية هي حجر الزاوية لإعادة صياغة

الكيمياء صياغة جديدة واسعة النطاق بحيث أنها توصف عادة بالثورة الكيميائية.

حقا لو لم يكن اكتشاف الأكسجين جزءا وثيق الصلة بانبثاق نموذج إرشادي جديد للكيمياء، لما كان لسؤالنا عن الأسبقية، والذي بدأنا به، هذه الأهمية الكبيرة ففي مثل هذه الحالة، كما في غيرها، تتغير القيمة التي نسبغها على إحدى الظواهر الجديدة ومن ثم على مكتشفها مع تغير تقييمنا للمدى الذي وصلت إليه الظاهرة في خرق التقديرات المتوقعة سلفا في إطار النموذج الإرشادي. ولكن لنلاحظ، مع ذلك، نظرا لأهمية: هذا الأمر، وهى أهمية ستتضح لنا فيما بعد، أن اكتشاف الأكسجين لم يكن في ذاته علة التغير في النظرية الكيميائية. إذ قبل أن يقوم لافوازييه بأي دور في اكتشاف الغاز الجديد بزمن طويل، كان هو مقتنعا بأن ثمة خطأ ما في نظرية الفلوجستون، وبأن الأجسام تمتص قدرا ما من الغلاف الغازي المحيط بها عند الاحتراق. وقد سجل هذا كله بإسهاب في مذكرة سرية مختومة أودعها لدى أمين الأكاديمية الفرنسية في عام 1772[5]. وما حققه العمل بشأن الأكسجين هو أنه أعطى بنية وصورة إضافيتين لإحساس لافوازييه الباكر بأن ثمة خطأ ما. لقد أفاده بشيء كان هو مهيأ لاكتشافه بالفعل طبيعة الجوهر الذي ينتزعه الاحتراق من الغلاف الغازي المحيط به. وهذا الإدراك المسبق للصعاب لابد أنه يمثل جانبا هاما من الأسباب التي حدت بلافوازييه إلى أن يرى غازا في التجارب، التي تشبه تجارب بريستلي، بينما عجز بريستلي عن أن يرى ذلك الغاز بنفسه. بل على العكس، فإن الحاجة إلى مراجعة أساسية للنموذج الإرشادي حتى يتسنى رؤية ما رآه لافوازييه، لابد أنها كانت هي السبب الأساسي في أن بريستلي ظل حتى وافته المنية، عاجزا عن أن يرى ما رآه لافوازييه.

ثمة مثالان آخران أكثر إيجازا سوف يعززان كثيرا هذه النتائج، وينقلاننا في آن واحد من توضيح طبيعة الاكتشافات إلى فهم الظروف التي تنبثق في ظلها اكتشافات العلم. ولقد اخترنا هذين المثالين في محاولة للدلالة على السبل الرئيسية التي يمكن أن تأتي من خلالها الاكتشافات، وراعينا أن يكونا مختلفين عن بعضهما، ومختلفين أيضا عن موضوع اكتشاف الأكسجين. يتعلق أولهما بالأشعة السينية أو أشعة إكس وهو يعد حالة

كلاسيكية للاكتشاف عن طريق الصدفة، وهو نمط يتكرر على نحو أكثر مما يبين لنا من خلال التقارير الصادرة عادة من الأوساط العلمية. وتبدأ القصة مع اليوم الذي توقف فيه عالم الفيزياء رونتجن عن مواصلة بحث عادي يجريه عن الأشعة المهبطية بعد أن لحظ أن ستارة بلاتينو سيانيد الباريوم التي تبعد مسافة ما عن جهازه المدرع قد توهجت لحظة إفراغ الشحنة. وأجرى مزيدا من الأبحاث استغرقت سبعة أسابيع من العمل المحموم لم يكن رونتجن يغادر خلالها المعمل إلا نادرا. وأشارت هذه الأبحاث إلى أن علة التوهج تصدر في خطوط مستقيمة عن أنبوب الأشعة المهبطية، وأن الإشعاع يلقى ظلالا لا يمكن حرفها بفعل المغناطيس فضلا عن أمور أخرى كثيرة. وقبل أن يعلن رونتجن النبأ أقنع نفسه بأن النتيجة الماثلة أمامه ليس سببها الأشعة المهبطية، بل سببها عامل آخر يشبه على الأقل الضوء من بعض الوجوه [6].

ونلاحظ هنا، على الرغم من الإيجاز الشديد في عرض هذه الخلاصة، أن ثمة أوجه شبه مثيرة بينها وبين مثال اكتشاف الأكسجين. فقبل أن يجري لافوازييه تجاربه على أكسيد الزئبق الأحمر أجرى تجارب أخرى لم تحقق النتائج المتوقعة منها سلفا بموجب النموذج الإرشادي لعنصر الفلوجستون. كذلك بدأ اكتشاف رونتجن عندما أدرك أن الساتر المستخدم في تجاربه قد توهج في وقت لم يكن ذلك متوقعا منه.

وفي كلتا الحالتين كان إدراك الشذوذ-أي إدراك ظاهرة لم يكن الباحث مهيأ لها بمقتضى النموذج الإرشادي المعمول به-له دور هام في تمهيد الطريق لإدراك الجديد. ولكن، وفي كلتا الحالتين أيضا، كان الظن بأن شيئا ما وقع عن طريق الخطأ هو فقط المقدمة على طريق الاكتشاف. إذ لم يظهر الأكسجين ولا الأشعة السينية إلا بعد مزيد من التجارب والاستيعاب. ولكن عند أي نقطة في بحوث رونتجن ينبغي، على سبيل المثال، أن نقول هنا تم اكتشاف الأشعة السينية فعلا؟ لن يكون ذلك على أية حال في اللحظة الأولى التي كان كل ما شاهده وقتها هو توهج الساتر. ولابد أن باحثا آخر على الأقل سبق له أن رأى هذا التوهج ولكنه لسوء حظه، الذي تبينه فيما بعد، لم يكتشف شيئا على الإطلاق [7]. كذلك، وبنفس القدر من الوضوح، لم يكن بالإمكان إرجاء لحظة الاكتشاف إلى

الأسبوع الأخير من البحث حيث النقطة التي كان رونتجن يستكشف عندها خصائص الإشعاع الجديد الذي اكتشفه قبل ذلك. إن كل ما يمكن أن نقوله هو أن الأشعة السينية ظهرت في بلد فورزبرج فيما بين 8 نوفمبر/ تشرين الثاني و28 ديسمبر/ كانون الأول من عام 1895.

ولكننا في مجال ثالث سنجد أن أوجه التماثل الهامة أقل وضوحا مما هي عليه بين اكتشاف الأكسجين واكتشاف الأشعة السينية. فإن اكتشاف الأشعة السينية، على خلاف اكتشاف الأكسجين، ظل ولمدة عقد من الزمان على الأقل منذ تاريخ الحدث دون أن يدخل ضمن أي تطور انقلابي في النظرية العلمية. إذن فبأي معنى من المعاني يمكن القول إن استيعاب ذلك الاكتشاف استلزم تغيرا في النموذج الإرشادي؟ إن الحجة التي تنكر مثل هذا التغير ستكون حجة قوية. فالشيء المؤكد أن النماذج الإرشادية التي يعمل بمقتضاها رونتجن ومعاصروه لم يكن بالإمكان استخدامها للتنبؤ بالأشعة السينية. (إذ لم تكن نظرية ماكسويل الكهرومغناطيسية مقبولة من الجميع في كل مكان، ولم تكن نظرية الدقائق للأشعة المهبطية سوى صورة واحدة من بين فروض عديدة متداولة). ولم يكن أي من هذه النماذج الإرشادية يمنع، على الأقل بصورة سافرة، وجود الأشعة السينية على نحو ما كانت نظرية الفلوجستون تمنع التفسير الذي قدمه لافوازييه للغاز الذي شاهده بريستلي. بل الأمر على العكس من ذلك، إذ أن النظرية العلمية والتطبيق العلمي المسلم بهما في عام 1895 كانا يجيزان القول بوجود عدد من أشكال الإشعاع-الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية. لماذا إذن لم يكن بالإمكان قبول الأشعة السينية كشكل آخر جديد لفئة معروفة من الظواهر الطبيعية؟ لماذا لم يتقبلها الباحثون، على سبيل المثال، بنفس الطريقة التي يتلقون بها اكتشاف عنصر كيميائي إضافي؟ إذ كان لا يزال البحث جاريا في أيام رونتجن عن عناصر جديدة لملء الفراغات في الجدول الدوري للعناصر واهتدى الباحثون إلى بعضها آنذاك. لقد كان البحث الدؤوب عنها مشروعا معياريا للعلم القياسي، كما كان النجاح في هذا المسعى فرصة لتلقي التهنئة فحسب وليس للتعبير عن الدهشة والمفاجأة.

ومع هذا صادفت الأشعة السينية استقبالا حماسيا لم يكن ممزوجا

بالدهشة فحسب بل وبالصدمة أيضاً. فقد وصفها لورد كلفن أول الأمر بأنها خدعة محكمة [8]. وأصاب الذهول آخرين وإن عجزوا عن الشك في الشواهد والدليل. إذ على الرغم من أن الأشعة السينية لا تحظرها النظرية المعتمدة، إلا أنها ناقضت بشدة التوقعات الراسخة. أعتقد أن تلك التوقعات كانت واردة ضمن تفسير وتصور الإجراءات المعملية السائدة آنذاك. ففي العقد الأخير من القرن التاسع عشر كانت أجهزة الأشعة المهبطية منتشرة في عديد من معامل أوربا. ومن ثم فإذا كان جهاز رونتجن قد انبعثت منه أشعة سينية، فلابد وأن عدداً آخر من الباحثين عاينوا خلال تجاربهم صدور تلك الأشعة من أجهزتهم دون أن يعرفوها. ومن المحتمل أن تلك الأشعة، التي ربما صدرت عن مصادر أخرى غير معروفة لنا أيضاً، كان لها نتائج تم تفسيرها في مرحلة سابقة دون الإشارة إليها. إذ لزم على أقل تقدير بعد ذلك تغطية أنواع عديدة من الأجهزة المألوفة بمادة الرصاص. وبات ضروريا إعادة أعمال سبق إنجازها تتعلق بمشروعات ضمن نطاق العلم القياسي نظرا لظهور متغير هام لم يكن معروفا للعلماء ولا خاضعا لسيطرتهم. والشيء المؤكد أن الأشعة السينية فتحت مجالاً جديدا، وكانت بذلك إضافة للميدان المحتمل للعلم القياسي. ولكنها أيضا، وهذه هي النقطة الأهم الآن، أدت إلى تعديلات في مجالات التخصص الموجودة قبلا. وخلال مسار هذه العملية أنكرت الأشعة السينية على أنماط الأجهزة التي كانت سابقا أجهزة متسقة مع النموذج الإرشادي حقها في حمل هذه الصفة.

وصفوة القول، إن قرار استخدام جهاز بذاته واستخدامه بطريقة محددة، إنما يحمل في طياته، عن وعي أو عن غير وعي، افتراضا بأن أنواعا معينة فقط من الوقائع سوف تظهر. فثمة توقعات على مستوى الأدوات والنظرية معاً أدت جميعها في الغالب دوراً حاسماً في التطور العلمي. وأحد هذه التوقعات على سبيل المثال، جزء من قصة الاكتشاف المتأخر للأكسجين. لقد استخدم كل من بريستلي ولافوازييه اختبارا معياريا لقياس «جودة الهواء»، إذ مزجا حجمين من الغاز المستخدم لديهما مع حجم من أكسيد النتريك، وقاما برج المزيج فوق الماء ثم قاسا حجم الغاز المتبقي. وسبق أن أكدت لهما خبرتاهما الناجمتان عن هذا الإجراء المعياري أن فضالة الهواء

من الغلاف الغازي تظل ثابتة الحجم، أما فضالة أي غاز آخر (أو هواء ملوث) فتكون أكبر، ووجد الاثنان في تجارب الأكسجين فضالة قريبة جدا من نفس الحجم الثابت وحددا نوع الغاز على أساس ذلك. ولكن حدث فقط بعد ذلك بزمن طويل ولأسباب بعضها عرضي أن رفض بريستلي الإجراء المعياري، وحاول مزج أكسيد النتريك بالغاز الذي يستعمله وبنسب مغايرة. ووجد أنه حين يستخدم أربعة أضعاف حجم أكسيد النتريك فإنه لا تتبقى أي فضالة تقريبا. ولقد كان التزامه بالإجراء الاختباري الأول-وهو إجراء دعمته خبرات سابقة وفيرة-هو في ذات الوقت التزام بعدم وجود غازات تسلك سلوك الأكسجين [9].

وبالإمكان أن نحكي أمثلة كثيرة توضيحية من هذا النوع، كأن نشير على سبيل المثال إلى التعرف على انشطار اليورانيوم في فترة متأخرة. إن أحد الأسباب التي دللت على أن التعرف على هذا التفاعل النووي كان عسيراً بوجه خاص هو أن الرجال الذين لديهم معرفة بما يتوقعونه عند قصف اليورانيوم اختاروا تجارب لتفاعلات كيميائية استهدفت أساساً عناصر من الطرف الأعلى من الجدول الدوري [10]. ولكن إزاء ما أكده تكرار الالتزامات الأداتية من أنها مضللة هل لنا أن نخلص من ذلك إلى أن العلم حري به أن يتخلى عن التجارب المعيارية والأدوات القياسية؟ قد يتمخض هذا عن منهج بحث غير ممكن التصور. إن إجراءات وتطبيقات النموذج الإرشادي ضرورية للعلم ضرورة قوانين ونظريات النموذج الإرشادي، ولها نفس النتائج. إنها تفيد حتما المجال الظواهري المتاح للبحث العلمي في أي زمن معين. وإذا سلمنا بذلك أمكن لنا أن نرى في آن واحد دلالة جوهرية توضح لماذا اقتضى اكتشاف الأشعة السينية ضرورة تغيير النموذج الإرشادي-ومن ثم إحداث تغيير في كل من الإجراءات والتوقعات-بالنسبة لقطاع خاص من المجتمع العلمي. ونتيجة لذلك يمكن لنا أن نفهم أيضا كيف أن اكتشاف الأشعة السينية بدا وكأنه فتح عالما جديدا غريبا أمام علماء كثيرين، بحيث ساهم بصورة مؤثرة للغاية في الأزمة التي قادت إلى فيزياء القرن العشرين.

مثالنا الأخير عن الاكتشاف العلمي خاص بوعاء ليدن لتكثيف الشحنات الكهربائية الساكنة. ويندرج هذا المثال ضمن فئة من الأمثلة التي يمكن وصفها بأنها ثمرة إحدى النظريات. وقد يبدو المصطلح في ظاهره أول

الأمر وكأنه ينطوي على مفارقة. فان القسط الأكبر من حديثنا حتى الآن يفيد بأن الاكتشافات تنبأت بها النظرية مقدما، وتشكل جزءا من العلم القياسي، ولا تتمخض عن أي وقائع من نوع جديد. وسبق أن أشرت على سبيل المثال إلى اكتشافات خاصة بعناصر كيميائية جديدة على مدى النصف الثاني من القرن التاسع عشر باعتبارها بادئة انطلاقا من العلم القياسي على هذا النحو. ولكن ليست النظريات جميعها نظريات قائمة على نموذج إرشادي. ذلك أن العلماء عادة، سواء خلال الفترات السابقة على النموذج الإرشادي أو خلال الأزمات التي تفضي إلى تحولات واسعة النطاق في النموذج الإرشادي إنما يستحدثون عادة نظريات تأملية وغير محددة الصياغة يمكن أن تهديهم إلى طريق الاكتشاف. ولكن غالبا ما لا يكون ذلك الاكتشاف هو عين الاكتشاف المتوقع سلفا على أساس الافتراضات التأملية المؤقتة وغير المؤكدة بعد. ذلك أن الاكتشاف لا يظهر والنظرية لا تصبح نموذجا إرشاديا إلا حين تتم صياغة التجربة والنظرية على نحو يؤكد علاقة ترابط وثيقة بينهما.

إن اكتشاف وعاء ليدن يفصح عن كل هذه القسمات وكذا عن غيرها مما عرضنا له قبل ذلك. وعندما بدأ الاكتشاف لم يكن ثمة نموذج إرشادي وحيد للبحوث الكهربائية. بل كان هناك بدلا عن ذلك عدد من النظريات مشتقة كلها من ظواهر يمكن الوصول إليها بسهولة نسبيا، وكانت هذه النظريات في تنافس بعضها مع بعض. ولم تنجح أي منها في التحكم في جملة الظواهر الكهربائية المتباينة تحكماً جيداً. وكان هذا الفشل مصدراً للعديد من حالات الشذوذ التي تشكل خلفية لاكتشاف وعاء ليدن. فقد ذهبت إحدى المدارس المتنافسة التي تمثل «الكهربائيين» إلى أن الكهرباء سيال. وقاد هذا التصور عدداً من الباحثين إلى محاولة تعبئة هذا السيال في زجاجات عن طريق الإمساك بقنينة زجاجية مملوءة ماء بين يدي الباحث ثم ملامسة الماء بموصل معلق يتصل بمولد نشط للشحنات الكهربائية الساكنة (الاستاتيكية). وعندما يفصل الباحثون الوعاء عن الآلة ويلمس أحدهم الماء (أو يلمس موصلا متصلا به) بيده الطليقة من أي عازل، يشعر بصدمة كهربائية شديدة. غير أن تلك التجارب الأولى لم تهيئ للكهربائيين إمكان الحصول على وعاء ليدن للشحنات الكهربائية. فإن هذا الجهاز ظهر

تدريجيا وببطء. ونعود لنقول إن من المحال تحديد متى استكمل اكتشافه. إن المحاولات البدائية لتخزين السيال الكهربي أثمرت فقط لأن الباحثين أمسكوا القنينة بأيديهم وهم وقوف على الأرض. وكان لا يزال على الكهربائيين أن يتعلموا أن الوعاء بحاجة إلى غلاف خارجي وداخلي جيد التوصيل، وأن السيال ليس مختزنا حقيقة داخل الوعاء أبدا. وحدث في لحظة ما، وعلى مدى البحوث الجارية التي أوضحت للكهربائيين ذلك، وكشفت لهم عن عديد من النتائج الشاذة الأخرى، أن ظهر الجهاز الذي نسميه وعاء ليدن. علاوة على هذا فإن التجارب التي أفضت إلى ظهوره، والتي قام بأكثرها فرانكلين، كانت أيضا التجارب التي اقتضت بالضرورة مراجعة جذرية شاملة لنظرية السيال، ومن ثم هيأت أول نموذج إرشادي كامل عن الكهرباء [11].

ويمكن القول بدرجة كبيرة أو صغيرة (حسب تسلسل الأحداث ابتداء من الشعور بالصدمة وحتى الوصول إلى النتيجة المتوقعة سلفا) إن الخصائص المشتركة بين الأمثلة الثلاثة الواردة آنفا هي خصائص جميع الاكتشافات التي تنبثق عنها أنواع جديدة من الظواهر. وتشتمل هذه الخصائص على: الإدراك المسبق للشذوذ، والظهور التدريجي والآني لكل من الإدراك القائم على المشاهدة الحسية والمفاهيم الذهنية، ثم أخيرا ما يترتب على ذلك من تحول حتمي في مجالات وإجراءات النموذج الإرشادي وهو ما يقترن عادة بمقاومة له. وثمة بينة على أن هذه الخصائص ذاتها هي جزء من طبيعة العملية الإدراكية نفسها. وجدير بنا الإشارة هنا إلى بعض التجارب النفسية التي تستحق أن نعيها على نحو أفضل بعيدا عن حقل المهنة، وهي التجارب التي سأل فيها كل من برونر وبوستمان المفحوصين بأن يتعرفوا على عدد من أوراق اللعب المختلفة بعد عرضها عليهم لفترة وجيزة وطبقا لضوابط محددة. وكانت أكثر أوراق اللعب عادية، ولكن أدخل على بعضها تعديل لتبدو شاذة، مثال ذلك ورقة برقم ستة بستوني أحمر وأخرى أربعة ديناري سوداء اللون. وكانت كل سلسلة من التجارب عبارة عن عرض ورقة لعب واحدة على مفحوص واحد ضمن حلقات متعاقبة من العروض التي تطول فيها فترات العرض تدريجيا. وبعد انتهاء كل عملية عرض يسأل الباحث المفحوص عما رآه، وتنتهي السلسلة عند تحديد رقمين

متتابعين تحديدا صحيحا [12].

ولوحظ في عمليات العرض الأولى القصيرة جدا، إن المفحوصين تعرفوا على غالبية أوراق اللعب، ثم بعد إطالة فترة العرض وزيادتها زيادة ضئيلة تعرف جميع المفحوصين على كل أوراق اللعب. ولقد كان التعرف على أوراق اللعب العادية صحيحا عادة، غير أن أوراق اللعب الشاذة غالبا ما يتم تحديدها وكأنها أوراق عادية دون أي تردد ظاهر أو حيرة. إذ كانت ورقة الديناري الأربعة على سبيل المثال يتعرف عليها المفحوص قائلا إنها أربعة إما بستوني أو ديناري، لقد كان دون أي وعي من جانبه بوجود مشكلة يطابق على الفور بينها وبين إحدى التصنيفات الذهنية المعدة سلفا قبل التجربة. ولا يود المرء التمادي إلى حد الزعم بأن المفحوصين رأوا شيئا ما مختلفا عما حددوه. ولكن بعد زيادة الوقت الخاص بعرض الأوراق الشاذة بدأ المفحوصون فعلا في التردد وفي الكشف عن إدراكهم وجود شذوذ. فإذا حدث على سبيل المثال أن عرض الباحث عليهم ورقة الستة البستوني الحمراء فإن بعضهم قد يقول: هذه ستة بستوني ولكن بها خطأ ما-إن اللون الأسود له حواف حمراء. وأدى المزيد من وقت العرض إلى المزيد من التردد والخلط، حتى انتهى الأمر بأن استطاع أغلب المفحوصين في النهاية، وربما فجأة، الإدلاء بالتحديد الصحيح دون تردد. علاوة على هذا لوحظ بعد الانتهاء من عرض ورقتين أو ثلاث ورقات شاذة أن المفحوصين قد يجدون مزيدا من الصعوبة، ولكنها ضئيلة، مع الأوراق الأخرى. غير أن عددا قليلا من المفحوصين عجزوا كلية عن ملاءمة الفئات الخاصة بهم بصورة مرضية. إذ حتى بعد عرض الأوراق أربعين مرة زيادة على متوسط الوقت اللازم للتعرف على الأوراق السوية لوحظ أن أكثر من 10 بالمائة من الأوراق الشاذة لم يتم التعرف عليها بصورة صحيحة. ولوحظ أيضا أن المفحوصين الذين أخفقوا هنا عانوا في الغالب من مشاعر اكتئاب حادة. فقد صاح أحدهم قائلا: «أنا عاجز عن التعرف على أوراق اللعب أيا كان نوعها. إنها لا تبدو لي في صورة ورقة لعب. فأنا لا أدري ما لونها الآن، ولا ما إذا كانت بستوني أم ديناري. بل إنني بت لا أعرف الآن ما هو شكل البستوني. آه يا إلهي»[13]. وسوف نرى في الفصل التالي، عندما تحين المناسبة، كيف أن بعض العلماء يسلكون نفس هذا المنوال.

إن هذه التجربة السيكولوجية سواء اتخذناها لقيمتها المجازية أو لأنها تعكس طبيعة عمل الذهن، إنما تزودنا بمخطط بسيط ومقنع بصورة مذهلة لعملية الاكتشاف العلمي. فالجدة في العلم، كما تفيد ورقة تجربة ورقة اللعب، لا تظهر إلا بصعوبة، تكشف عنها المقاومة، إزاء خلفية قوامها النتائج المتوقعة. ففي البداية لا ندرك بالخبرة إلا ما هو عادي ومقدر سلفا حتى ولو كانت ظروف المشاهدة هي ذات الظروف التي نلحظ فيها وجود ظاهرة شاذة في فترة تالية متأخرة. بيد أن المزيد من المعرفة يفضي إلى إدراك أن ثمة خطأ ما، أو إلى أن نربط النتيجة بخطأ ما وقع من قبل. وإدراك الشذوذ على هذا النحو يستهل فترة تجرى فيها عملية ملاءمة للمقولات الذهنية إلى أن يصبح ما كان شاذا في البداية هو المتوقع سلفا. وعند هذه النقطة يكون الاكتشاف قد اكتمل. وسبق لي أن أكدت على أن هذه العملية، أو عملية أخرى شديدة الشبه بها، تحدث عند انبثاق جميع الإبداعات العلمية الأساسية. وليسمح لي القارئ الآن، إذا ما سلمنا بهذه العملية، أن أوضح أنه بات بإمكاننا أخيرا أن نشرع في تبين الأسباب التي من شأنها أن تجعل العلم القياسي، هذا المشروع الذي لا يستهدف مباشرة الوصول إلى إبداعات بل وينزع في البداية إلى قمعها، يبدو في صورة قوة فعالة يدفع بها إلى دائرة الضوء.

وخلال تطور أي علم يسود عادة شعور بأن أول نموذج إرشادي يعترف الباحثون بصحته إنما يفسر بنجاح غالبية المشاهدات والتجارب المتاحة في سهولة ويسر للأخصائيين في مجال ذلك العلم. ولهذا فإن المزيد من التطور يستلزم عادة بناء جهاز محكم، واستحداث لغة ومهارات تقنية متخصصة، وصقل المفاهيم التي يقل باطراد التشابه بينها وبين أنماطها الأصلية العادية الشائعة. ومن ناحية يؤدي اختفاء الصبغة المهنية إلى تقييد شديد لمجال رؤية رجل العلم، وإلى المقاومة الحادة ضد تغيير النموذج الإرشادي لقد أصبح العلم هنا جامدا بصورة متزايدة. ولكن نلحظ من ناحية أخرى في إطار تلك المجالات التي يشد إليها النموذج الإرشادي انتباه فريق الباحثين، أن يقود العلم القياسي إلى معلومات مستفيضة وتفصيلية، وإلى دقة في المطابقة بين المشاهدة وبين النظرية، وهو ما لا يمكن أن يتحقق بوسيلة أخرى. علاوة على هذا فإن هذه المعلومات المستفيضة، ودقة المطابقة لهما

قيمتهما التي تتجاوز القيمة الأصلية لهما والتي لا تحتل دائما مكانة عالية. فبدون الجهاز الخاص الذي أنشئ أساسا للوصول إلى نتائج مقدرة سلفا، يمكن ألا تحدث النتائج التي تفضي في النهاية إلى التجديد المبدع. بل وعندما يكون الجهاز موجودا لا ينبثق الجديد عادة إلا للشخص الذي يعرف بدقة ما الذي يجب عليه أن يتوقعه، ومن ثم يكون قادرا على إدراك أن خطأ ما قد حدث. إن الشذوذ لا يظهر إلا مقابل خلفية يهيئها النموذج الإرشادي. فكلما كان النموذج الإرشادي أكثر دقة وأبعد مدى كلما زودنا بمؤشر أشد حساسية يكشف عن الشذوذ ومن ثم يتيح فرصة لتغيير النموذج الإرشادي. والملاحظ في عملية الاكتشاف العادية أن المقاومة ذاتها ضد التغير لها فائدة وهو ما سوف نكشف عنه بإفاضة أكثر في الفصل التالي. إذ أن ضمان النموذج الإرشادي لن يستسلم بسهولة يعني أن المقاومة تضمن عدم تشوش فكر العلماء وصرف انتباههم بسرعة ودون موجب، وأن مظاهر الشذوذ التي تفضي إلى تغير النموذج الإرشادي سوف تنفذ إلى المعارف القائمة حتى النخاع. وإذا كان الواقع يشهد بأن إبداعا علميا هاما غالبا ما يظهر في آن واحد في العديد من المعامل، إنما يعد مؤشرا يدل على الطبيعة التقليدية الصلبة للعلم القياسي، كما يدل على أن هذا المشروع التقليدي إنما يمهد بصورة كاملة ومحكمة السبيل إلى تغييره هو ذاته.

# 7 الأزمة وانبثاق النظريات العلمية

جميع الاكتشافات التي تناولناها في الفصل السادس كانت أسبابا أو عوامل أسهمت في تغيير النموذج الإرشادي. علاوة على هذا فإن التغيرات التي انطوت على هذه الاكتشافات كانت جميعها عوامل بناء مثلما هي عوامل هدم. وما أن يتم استيعاب الاكتشاف، حتى يصبح في استطاعة العلماء تفسير نطاق أوسع من الظواهر الطبيعية أو تفسير بعض الظواهر التي كانت معروفة قبلا تفسيرا أكثر دقة. بيد أن هذا الكسب لم يتحقق إلاّ بعد إسقاط بعض المعتقدات أو الإجراءات المعيارية السابقة وكذلك، وفي نفس الوقت، بعد تبديل مكونات النموذج الإرشادي السابق بغيرها. وسبق أن أكدت أن التحولات من هذا النوع تقترن بكل الاكتشافات التي تم إنجازها في إطار العلم القياسي فيما خلا الاكتشافات التي لا تثير الانتباه نظرا لأنها كانت متوقعة سلفا في صورتها الإجمالية دون تفصيلاتها. ولكن الاكتشافات ليست هي المصادر الوحيدة التي تنبع منها هذه التحولات البناءة- الهدامة للنموذج الإرشادي. وسوف نشرع في هذا

الفصل في دراسة التحولات المماثلة، وإن تكن عادة أوسع نطاقا بكثير، وهي التي تأتي نتيجة ابتكار نظريات جديدة.

بعد أن أوضحنا أن الوقائع والنظريات، وكذا الاكتشافات والابتكارات في العلوم ليست أمورا متمايزة دائما وبصورة دائمة، يمكن أن نتوقع مقدما قدرا من التداخل بين هذا الفصل وسابقه. (إن الإشارة التي تبدو مستحيلة عقلا التي تفيد بأن بريستلي اكتشف الأكسجين أولا ثم ابتكره من بعده لافوازييه إشارة لها جاذبيتها. إذ سبق أن صادفنا الأكسجين أولا كاكتشاف، ثم التقينا به ثانية كابتكار) وسوف نعمد حتما عند تناول مسألة انبثاق النظريات الجديدة إلى توسيع نطاق فهمنا للاكتشاف بالمثل. ولكن التداخل غير التطابق. وإن أنواع الاكتشافات التي تناولناها في الفصل الأخير لم تكن، على الأقل وحدها، مسؤولة عن حدوث تحولات في النموذج الإرشادي على نحو ما حدث في ثورات كل من كوبرنيكوس ونيوتن والثورة الكيميائية وثورة آينشتين. بل ولم تكن مسئولة عن تحولات أقل نسبيا، نظرا لطابعها المهني الصرف، في النموذج الإرشادي الناتج عن النظريات الموجية للضوء أو النظرية الدينامية للحرارة أو النظرية الكهرومغناطيسية لماكسويل. والسؤال كيف يمكن لنظريات كهذه أن تنبت في إطار العلم القياسي وتنبثق منه، وهو مشروع لا يستهدف أساسا الوصول إلى نظريات بقدر ما لا يستهدف الوصول إلى اكتشافات؟

إذا كان إدراك الشذوذ له دور في انبثاق أنواع جديدة من الظواهر، فلن يكون من دواعي الدهشة لأي أحد القول إن مثل هذا الإدراك، ولكن على نحو أكثر عمقا، يعد شرطا أوليا لجميع التغيرات المقبولة التي تطرأ على النظرية. وأحسب أن البينة التاريخية فيما يختص بهذه النقطة، واضحة تماما ولا لبس فيها. لقد كانت حالة فلك بطليموس بمثابة فضيحة قبل إعلان نتائج أعمال كوبرنيكوس [1]. واعتمدت إسهامات جاليليو في دراسة الحركة اعتمادا وثيقا على المشكلات التي كشف عنها النقاد المدرسيون لنظرية أرسطو [2]. ونشأت نظرية نيوتن الجديدة عن الضوء واللون عند اكتشاف أن جميع النظريات القائمة قبل النموذج الإرشادي لم تنجح في تفسير طول ألوان الطيف، كما ظهرت النظرية الموجية التي حلت محل نظرية نيوتن وسط القلق المتزايد بشأن مظاهر الشذوذ في علاقة آثار

الحيود والاستقطاب على نظرية نيوتن [3]. ونشأت الديناميكا الحرارية من خلال الصدام بين نظريتين في الفيزياء كانتا موجودتين في القرن التاسع عشر، مثلما ولدت ميكانيكا الكم من خلال مجموعة متباينة من المشكلات التي أحاطت بإشعاع الجسم الأسود، والتأثير الكهروضوئي وضروب الحرارة النوعية [4] علاوة على ذلك نلاحظ في جميع هذه الحالات، فيما عدا حالة نيوتن، أن إدراك الشذوذ استمر طويلا ونفذ إلى الأعماق حتى يمكن لنا أن نصف بحق المجالات التي تأثرت به بأنها عانت أزمة متصاعدة. ونظرا لأنها كانت تستلزم تدميرا واسع النطاق للنموذج الإرشادي، وتحولات أساسية في مشكلات وتقنيات العلم القياسي، لذلك فإن انبثاق نظريات جديدة كانت تسبقه عادة فترة يغلب فيها على الباحثين المختصين شعور واضح بالقلق وعدم الأمان. وكما لنا أن نتوقع فإن هذا الشعور بعدم الأمان إنما تولد بفعل الإخفاق المطرد في الوصول إلى النتائج المرتقبة من حل ألغاز العلم القياسي. ومن ثم فإن إخفاق القواعد القائمة هو المقدمة للبحث عن قواعد جديدة.

ولنتأمل معا أولا حالة من حالات تغيير النموذج الإرشادي اشتهرت وذاع صيتها بصورة واضحة، وهي ميلاد فلك كوبرنيكوس. إذ عندما ظهرت لأول مرة نظرية الفلك الأولى السابقة، ونعني بها مذهب بطليموس، الذي كانت له السيادة على مدى القرنين الأخيرين قبل ميلاد المسيح والقرنين التاليين، أقول عندما ظهرت هذه النظرية بدت ناجحة بصورة تثير الإعجاب في التنبؤ بالأوضاع المتغيرة لكل من النجوم والكواكب، ولم يحدث أن قام أي مذهب قديم آخر بمثل هذا الدور على هذا النحو من الكفاءة، ولا يزال فلك بطليموس يستخدم اليوم على نطاق واسع لوضع أحكام هندسية تقريبية عن النجوم، أما بالنسبة للكواكب فقد كانت نبوءات بطليموس جيدة مثلها مثل نبوءات كوبرنيكوس. ولكن نجاح أي نظرية علمية في إثارة الإعجاب لا يعني أبدا أنها ناجحة تماما. وفي ما يتعلق بكل من مواضع الكواكب ومبادرة الاعتدالين لم تكن التنبؤات بناء على مذهب بطليموس متسقة على الإطلاق مع أفضل المشاهدات المتاحة. وأدى المزيد من التغاضي عن تلك التناقضات البسيطة إلى تراكم الكثير من المشكلات الأساسية الخاصة بالبحوث القياسية في علم الفلك التي واجهها كثيرون من خلفاء بطليموس. ويطابق

هذا تماما محاولة مشابهة استهدفت التقريب بين مشاهدات الأجرام السماوية وبين نظرية نيوتن ولكنها أفضت إلى مشكلات في البحث القياسي واجهها خلفاء نيوتن في القرن الثامن عشر. وكان لعلماء الفلك، على مدى فترة من الزمن، كل الحق في افتراض أن تلك المحاولات سوف تنجح، شأنها شأن المحاولات التي أفضت إلى مذهب بطليموس. إذ استطاع علماء الفلك عن بكرة أبيهم محو التضارب الذي صادفهم وذلك بإدخال تعديل على مذهب بطليموس عن طريق الدوائر المركبة، ولكن بمرور الزمن فإن كل من يتأمل الحصيلة النهائية الصافية لجهود البحث القياسي للكثيرين من علماء الفلك يلحظ بسهولة أن علم الفلك ازداد تعقدا باطراد بمعدل أسرع من الزيادة في دقته، وأن تصويب التضارب في موضع ما سرعان ما يكشف عن نفسه كمشكلة واضحة في موضع آخر [5].

ولكن هذه المشكلات لم تعرف إلاّ ببطء قليلا قليلا، وذلك بسبب أن مسار تراث علم الفلك قطعته مرارا عوامل تدخل من الخارج، وأيضا بسبب عدم وجود الطباعة ونقص وسائل الاتصال بين علماء الفلك. ولكن عرف كل شيء في النهاية. واستطاع ملك إسبانيا ألفونس العاشر أن يعلن في مطلع القرن الثالث عشر أن الرب لو كان قد استشاره عند خلق الكون لأسدى إليه مشورة نافعة. وفي القرن السادس عشر ذهب دومنيكودا نوفارا، زميل كوبرينكوس، إلى حد القول إن أي مذهب يتسم بما يتسم به مذهب بطليموس من تعقد وعدم دقة لا يمكن له أن يكون صادقا أمينا في تصور الطبيعة. وكتب كوبرنيكوس نفسه في تصديره لكتاب-De Re volutionibus أن تراث علم الفلك الذي ورثه لم يخلق في النهاية غير كائن مشوه. ومطلع القرن السادس عشر بدأ يتزايد عدد الثقاة من خيرة علماء الفلك في أوربا الذين سلموا بأن النموذج الإرشادي لعلم الفلك قد أخفق عند تطبيقه على مشكلاته التقليدية. وكان هذا الاعتراف شرطا ضروريا مسبقا لرفض كوبرنيكوس للنموذج الإرشادي البطليموسي، ومن ثم للشروع في البحث عن آخر جديد. ولا تزال مقدمته للكتاب تشكل صورة كلاسيكية معبرة عن حالة الأزمة [6].

وطبعي أن انهيار النشاط التقني المعتاد في حل الألغاز ليس هو العنصر الوحيد في أزمة علم الفلك التي واجهت كوبرنيكوس. فثمة معالجة مستفيضة

سوف تتناول بالتفصيل كذلك دور الضغط الاجتماعي في سبيل إصلاح نظام التقويم الشمسي، وهو ضغط جعل حل لغز مبادرة الاعتدالين مسألة ملحة بصورة متميزة. هذا علاوة على دراسة مسهبة عن النقد الذي دار في العصر الوسيط ضد أرسطو، وظهور النزعة الأفلاطونية الجديدة-مع عصر النهضة، وغير ذلك من عناصر تاريخية هامة. بيد أن الانهيار التقني سيظل هو لب الأزمة. فالعوامل الخارجية مثل تلك التي أسلفناها تعتبر في أي علم ناضج-وكان علم الفلك علما ناضجا منذ القدم-عوامل هامة وأساسية في تحديد مواقيت الانهيار، وسهولة التعرف على ذلك، وبيان المجال الذي أصابه الانهيار أولا، وذلك لما تحظى به من اهتمام خاص. وعلى الرغم من أن قضايا كهذه لها أهمية كبيرة إلا أنها تخرج عن الحدود المرسومة لدراستنا.

وإذا اكتفينا بهذا القدر من البيان لتوضيح ثورة كوبرنيكوس، فإننا ننتقل إلى مثال آخر مختلف عنه، خاص بالأزمة التي سبقت ظهور نظرية لافوازييه عن احتراق الأكسجين. ففي العقد الثامن من القرن الثامن عشر تجمعت عوامل عديدة تسببت في خلق أزمة قطاع الكيمياء، ولم يتفق رأي المؤرخين سواء بشأن طبيعة هذه العوامل أو أهميتها النسبية. ولكن عاملين اثنين اتفقت الآراء بوجه عام على أن لهما أهمية من الدرجة الأولى: ظهور كيمياء الهوائيات المضغوطة ومسألة علاقات الوزن. ويبدأ تاريخ الأولى في القرن السابع عشر مع استحداث مضخة الهواء، وانتشار استعمالها في التجارب الكيميائية. ومع استخدام هذه المضخة وعدد آخر من الأجهزة التي تعمل بالهواء المضغوط خلال القرن التالي، تزايدت الفرص أمام علماء الكيمياء لإدراك ضرورة أن يكون الهواء مقوما فعالا في جميع التفاعلات الكيميائية. ومن علماء الكيمياء،-مع استثناءات قليلة غير محددة تماما بحيث لا يمكن اعتبارها استثناءات على الإطلاق-استمروا في اعتقادهم بأن الهواء هو النوع الوحيد الموجود من الغازات. وظل الوضع على هذه الحال حتى 1756 عندما أوضح جوزيف بلاك أن الهواء الثابت (ك أ2) يمكن تمييزه دائما عن الهواء العادي، وهنا ظن العلماء أن أي عينتين من الغاز يمكن التمييز بينهما فقط على أساس حالة عدم النقاء في كل منهما [7].

وبعد جهود بلاك تقدمت بحوث الغازات بسرعة، خاصة على يد كل من كافندش وبريستلي وسكيل الذين استطاعوا معا تطوير عدد من التقنيات

الجديدة القادرة على التمييز بين عينة من الغاز وبين غيرها. وكان هؤلاء جميعا، ابتداء من بلاك وحتى سكيل، يؤمنون بنظرية الفلوجستون، وغالبا ما استخدموها في تصميم التجارب وتفسيرها. ولقد استطاع سكيل بالفعل أن ينتج أولا الأكسجين عن طريق سلسلة من التجارب المتقنة التي وضع تصميمها بهدف تخليص الحرارة من عنصر الفلوجستون. ولكن النتيجة الخالصة التي تمخضت عنها تجاربهم هي ظهور ضروب متباينة من عينات الغاز وخواص الغاز المعقدة، بحيث بدت نظرية الفلوجستون عاجزة على نحو متزايد باطراد عن تفسير وقائع التجارب التي يجريها الباحثون في معاملهم. وعلى الرغم من أن أحدا من هؤلاء الكيميائيين لم يلمح الحاجة إلى التخلي عن تلك النظرية واستبدالها، إلا أنهم عجزوا عن استخدامها بصورة متسقة وثابتة. وبمرور الوقت بدأ لافوازييه تجاربه على أنواع الهواء منذ مطلع العقد الثامن للقرن الثامن عشر. وكانت هناك آنذاك صور عديدة لنظرية الفلوجستون بقدر ما كان هنالك من باحثين كيميائيين في مجال كيمياء الهواء المضغوط [8]. وإن هذه الكثرة من الصور المتباينة للنظرية هي أحد الأعراض العادية تماما الدالة على وجود أزمة. والجدير بالذكر أن كوبرنيكوس اشتكى من ذلك هو أيضا في مقدمته.

بيد أن تزايد غموض نظرية الفلوجستون وتناقص جدواها بالنسبة لكيمياء الهوائيات المضغوطة، لم يكونا وحدهما سبب الأزمة التي واجهت لافوازييه. لقد كان معنيا أيضا بتفسير زيادة أوزان غالبية الأجسام عند احتراقها أو تحميتها، وهذه بدورها مشكلة لها تاريخ سابق طويل. فالشائع على الأقل أن علماء الكيمياء الإسلاميين عرفوا أن بعض المعادن يزيد وزنها عند تحميتها. وفي القرن السابع عشر استخلص عديد من الباحثين من هذه الحقيقة نفسها أن المعدن المحمي يكتسب بعض العناصر من الغلاف الغازي المحيط به. غير أن هذه النتيجة بدت غير ضرورية بالنسبة لغالبية الباحثين الكيميائيين في القرن السابع عشر. فإذا كانت التفاعلات الكيميائية قادرة على أن تغير حجم ولون ونسيج مقومات المادة، فلماذا نستبعد أن نغير الوزن كذلك؟ ولم يكن الوزن دائما آنذاك معيارا لتقدير كم المادة. هذا علاوة على أن زيادة الوزن بسبب التحمية ظلت ظاهرة منفصلة. ثم إن غالبية الأجسام الطبيعية (مثل الخشب) ينقص وزنها عند التحمية على

نحو ما أفادت نظرية الفلوجستون فيما بعد.

ولكن خلال القرن الثامن عشر أصبح الوضع أكثر صعوبة بحيث لم يعد بالإمكان الاجتزاء بتلك الإجابات التي بدت كافية في أول الأمر بالنسبة لمشكلة زيادة الوزن. ويرجع سبب ذلك من ناحية إلى تزايد استعمال الميزان أداة معيارية في البحث الكيميائي، كما يرجع من ناحية أخرى إلى تطور كيمياء الهوائيات المضغوطة التي جعلت من الممكن ومن المستصوب في آن واحد الحفاظ على النواتج الغازية للتفاعلات، ومن ثم اكتشف الكيميائيون مزيدا من الحالات التي تقترن فيها زيادة الوزن بالتحمية. كذلك، وفي نفس الوقت، فإن الاستيعاب التدريجي لنظرية نيوتن عن الجاذبية دعا الكيميائيين إلى الإصرار على أن زيادة الوزن تعني بالضرورة زيادة في كم المادة. ولكن هذه النتائج لم تؤد إلى رفض نظرية الفلوجستون، ذلك لقدرة هذه النظرية على أن تتلاءم بوسائل عديدة. إذ ربما أن الفلوجستون له وزن سالب، أو ربما دخلت بعض جزيئات النار أو شيء آخر إلى الجسم المحمي في الوقت الذي غادره فيه الفلوجستون. هذا علاوة على تفسيرات أخرى غير هذه لا داعي لذكرها. ولكن إذا كانت مشكلة زيادة الوزن لم تؤد إلى الرفض، فإنها أدت بالفعل إلى زيادة عدد الدراسات الخاصة التي اعتبرت هذه المشكلة مشكلتها الرئيسية. ونذكر من بين هذه الدراسات، دراسة عنوانها «عن الفلوجستون باعتباره جوهرا له وزن، وتحليله في ضوء ما يحدثه من تغيرات في وزن الأجسام التي يتحد بها». وقرأت هذه الدراسة أمام الأكاديمية الفرنسية في عام 1772، وهو العام الذي سلم في نهايته لافوازييه مذكرته المختومة إلى أمانة الأكاديمية. وهانحن وقبل كتابة المذكرة نجد إحدى المشكلات وقد أصبحت لغزا بارزا مستعصيا بغير حل بعد أن ظلت على هامش وعي الكيميائيين سنوات طويلة [9]. وصيغت فصوص كثيرة متباينة لنظرية الفلوجستون بغية مواجهة الموقف، وحل المشكلة. واصطلحت مشكلات كيمياء الهوائيات المضغوطة وكذا مشكلات زيادة الوزن وضاعفا باطراد من صعوبة تحديد نظرية الفلوجستون ومعرفة حقيقتها. وهكذا نجد نموذجا إرشاديا لكيمياء القرن الثامن عشر يفقد تدريجيا مكانته الفريدة على الرغم من أن الباحثين كانوا لا يزالون يؤمنون به، ويرونه أداة عمل موثوقا بها. وأضحت البحوث التي تسترشد بهذا النموذج

تشبه أكثر فأكثر البحوث التي تجريها المدارس المتنافسة خلال الفترة السابقة على ظهور النموذج الإرشادي، وهكذا أصبحنا إزاء بادرة نمطية من البوادر الدالة على الأزمة.

ولنتأمل معا الآن مثالا ثالثا وأخيرا. ويتعلق هذا المثال بأزمة علم الفيزياء في أواخر القرن التاسع عشر وهي التي مهدت السبيل لانبثاق نظرية النسبية. ويمكن تتبع أحد جذور تلك الأزمة ابتداء من أواخر القرن السابع عشر في وقت انتقد فيه عدد من فلاسفة الطبيعة، وعلى رأسهم ليبنتز، احتفاظ نيوتن بصيغة محدثة للمفهوم الكلاسيكي عن الفضاء المطلق [10]. لقد كانوا قادرين تقريبا، وإن لم يكونوا قادرين تماما، على بيان أن الأوضاع والحركات المطلقة ليست لها أي وظيفة في مذهب نيوتن. ونجحوا بالفعل في الإشارة إلى الجاذبية الجمالية الكبيرة التي يمكن أن يكشف عنها فيما بعد التصور النسبي الكامل للفضاء والحركة. غير أن نقدهم كان نقدا منطقيا خالصا. وكان شأنهم شأن الكوبرنيكيين الأوائل الذين انتقدوا براهين أرسطو عن ثبات الأرض، إذ لم يحلموا بأن يكون الانتقال إلى مذهب نسبي له نتائج تقترن بالمشاهدة. ولم يحدث في أي من المواضع أن ربطوا آراءهم بأي مشكلة من المشكلات التي ظهرت عند تطبيق نظرية نيوتن على الطبيعة ونتيجة لذلك ماتت آراؤهم بموتهم خلال العقود الأولى من القرن الثامن عشر لكي تبعث حية من جديد فقط في العقود الأخيرة من القرن التاسع عشر عندما أضحى لها علاقة مختلفة تماما بتطبيق الفيزياء.

ومع قبول النظرية الموجية عن الضوء بعد عام 1815 تقريبا، دخلت نطاق العلم القياسي المشكلات التقنية التي كان لابد أن ترتبط بها في النهاية فلسفة نسبية عن الفضاء، هذا على الرغم من أنها لم تثر أزمة حتى العقد الأخير من القرن التاسع عشر. إذ لو كان الضوء حركة موجية تنتشر في وسط أثيري ميكانيكي تحكمه قوانين نيوتن فسوف يكون بإمكان مشاهداتنا للفلك وتجاربنا على الأرض إثبات وجود حركة نسبية عبر الأثير. ولقد كانت مشاهدات الفلكيين للحيود هي وحدها من بين مشاهداتهم للأجرام السماوية التي أعطت الأمل في الوصول إلى درجة كافية من الدقة في سبيل التزود بمعلومات وثيقة الصلة بالموضوع. ومن ثم أصبح إثبات حركة عبر الأثير عن طريق قياسات الانحراف مشكلة معترفا بها في

البحوث القياسية.

وأنشئت أجهزة كثيرة متخصصة لحل هذه المشكلة بيد أن هذا الجهاز لم يسجل أي حركة ممكن مشاهدتها، ومن ثم تحولت المشكلة من أيدي الباحثين القائمين بالتجارب والمشاهدات إلى الباحثين في شئون النظرية. وخلال منتصف القرن وضع كل من فريزنل وستوكس وغيرهما تصورات لصياغات عديدة متباينة عن نظرية الأثير بهدف تفسير الفشل في مشاهدة الحركة عبر الأثير. وافترضت جميع هذه الصيغ أن جسما متحركا يسحب مع جزءا من الأثير. ونجحت جميعها في تفسير النتائج السالبة، ليس فقط بالنسبة للمشاهدات الفلكية بل وأيضا بالنسبة للتجارب على الأرض بما في ذلك تجربة مايكاسون ومورلي الشهيرة [11]. ولم يكن قد نشب بعد أي صراع حاد فيما خلا ذلك الصراع بين الصيغ المختلفة. وما كان لهذا الصراع أن يتفاقم ويحتدم في غيبة التقنيات التجريبية الملائمة. ولم يتغير الموقف ثانية إلا بعد التسليم تدريجيا بالنظرية الكهرومغناطيسية التي قال بها ماكسويل في العقدين الأخيرين من القرن التاسع عشر. كان ماكسويل شخصيا من أتباع نيوتن يؤمن بأن الضوء والكهرومغناطيسية بعامة سببهما إزاحات متغيرة في جزيئات الأثير الميكانيكي. والملاحظ أن نصوصه الأولى لنظرية عن الكهرباء والمغناطيسية استخدمت بشكل مباشر خصائص افتراضية أسبغها هو على هذا الوسط بيد أنها سقطت من النص النهائي، وإن كان لا يزال يعتقد بأن نظريته الكهرومغناطيسية تتسق مع وضع صيغة ما محكمة عن نظرة نيوتن الميكانيكية [12]. وبدا له أن استحداث هذه الصيغة المحكمة هو التحدي الذي يواجهه هو وخلفاؤه. ولكن في التطبيق العملي، وكما يحدث غالبا على مدى التطور العلمي، ثبت أن من الصعوبة بمكان وضع الصيغة المطلوبة. وتكرر ما حدث تماما مع اقتراح كوبرنيكوس عن الفلك، على الرغم من تفاؤل صاحبه، الذي أدى إلى نشوء أزمة تفاقمت باطراد بالنسبة للنظريات القائمة في عصره عن الحركة، كذلك فإن نظرية ماكسويل، على الرغم من أصلها النيوتوني، أفضت في النهاية إلى أزمة تتعلق بالنموذج الإرشادي الذي انبثقت عنه [13]. علاوة على هذا فقد كانت مشكلات الحركة وعلاقتها بالأثير، وهي التي فرغنا من الحديث عنها توا، هي بالتحديد قوام بؤرة الخلاف التي أضفت بطبعها المحتدم على هذه

الأزمة.

والملاحظ أن دراسة ماكسويل للسلوك الكهرومغنطيسي للأجسام المتحركة لم تشر إلى عملية سحب الأثير، وأكدت أن من الصعوبة بمكان إدخال عامل السحب في نظريته. ونتيجة لذلك بدت سلسلة كاملة من المشاهدات التي استهدفت في السابق إثبات الحركة عبر الأثير أمرا شاذا. وبعد عام 1890 بقليل بدأت سلسلة طويلة من المحاولات التجريبية والنظرية على السواء لتسجيل الحركة بالنسبة للأثير وإدخال عنصر سحب الأثير ضمن نظرية ماكسويل. وأخفقت المحاولات الأولى جميعها، على الرغم من أن بعض المحللين ظنوا أن النتائج التي توصلوا إليها يشوبها الغموض. أما المحاولات الثانية فقد تمخضت عن عدد من البدايات الواعدة، خاصة ما جاء منها على يد نورنتز وفتزجرالد، ولكنها كشفت الغطاء أيضا عن ألغاز أخرى لا تزال بحاجة إلى حل، ثم بلغ الأمر غايته المعهودة حيث تكاثرت النظريات المتنافسة وهي النهاية التي وجدنا سابقا أنها لازمة من لوازم الأزمة [14]. وكان هذا هو الوضع التاريخي الذي انبثقت على أرضيته نظرية أينشتين عن النسبية الخاصة في عام 1905.

وهذه الأمثلة الثلاث متطابقة تماما تقريبا. ففي كل حالة ظهرت نظرية جديدة ولكن فقط بعد فشل واضح مني به النشاط العادي لحل المشكلات. علاوة على هذا، وباستثناء حالة كوبرنيكوس التي لعبت فيها عوامل خارجة عن العلم دورا كبيرا متميزا، فإن ذلك الفشل، وتكاثر النظريات يعد بادرة عليه، إنما حدثا قبل عقد أو أكثر من وضع صياغة النظرية الجديدة. وتبدو هنا النظرية الجديدة استجابة مباشرة للأزمة. ولنلاحظ كذلك، وأن لم يكن هذا الأمر متطابقا في كل الأحيان، أن المشكلات التي هي مكمن الفشل كانت جميعها مشكلات من نمط معروف منذ زمن طويل. وأعطت الممارسة السابقة للعلم القياسي كل مبرر لاعتبارها مشكلات محلولة تماما أو شبة محلولة تقريبا، وهو ما يساعد على تفسير السبب في أن إحساس الفشل، حين يقع، يبدو حادا للغاية. وعلى النقيض من ذلك فإن الفشل مع مشكلة من نوع جديد غالبا ما يكون مخيبا للآمال ولكنه لا يكون أبدا مثيرا للدهشة. إذ يحدث ما يحدث عادة مع المشكلات والألغاز، فإن أيا منها لا يستسلم في الغالب في أول هجوم. وهناك أخيرا قسمة مشتركة أخرى بين

هذه الأمثلة الثلاثة ويمكن أن تساعد على جعل المسألة الخاصة بدور الأزمة هنا أكثر وضوحا وتأثيرا: وهي أن حل كل منها كان مقدرا سلفا ولو جزئيا على الأقل خلال الفترة التي لم تكن فيها أزمة في العلم المناظر، وأن هذه التوقعات المقدرة سلفا كانت مغفلة خلال فترة غياب الأزمة. إن السبق الكامل والوحيد والأكثر شهرة أيضا هو سبق أرسطارخوس على كوبرنيكوس في القرن الثالث قبل الميلاد. وكثيرا ما يقال لو أن العلم الإغريقي كان أقل إغراقا في الاستدلال المنطقي، وأقل خضوعا واستسلاما للعقيدة الجامدة، لربما بدأ الفلك القائل بمركزية الشمس قبل ظهوره المعهود بثمانية عشر قرنا [15]. بيد أن هذا القول يعني إغفالا تاما للسياق التاريخي. إذ عندما قدم أرسطارخوس نظريته كان نظام مركزية الأرض واسع الانتشار، مقبولا عقلا، ولم يكن يفتقر آنذاك إلى شيء يمكن أن يفي به ولو ذهنيا نظام مركزية الشمس. وأن التطور الكامل لفلك بطليموس، سواء انتصاراته أو هزائمه، يقع على مدى القرون التالية لاقتراح أرسطارخوس. علاوة على هذا أنه لم تكن هناك أسبابا واضحة توجب أخذ آراء أرسطارخوس مأخذا جادا. بل أن نظرية كوبرنيكوس، والتي كانت أكثر إحكاما، لم تكن أكثر بساطة ولا أكثر دقة من نظام بطليموس. ولم تهيئ التجارب المتاحة القائمة على المشاهدة، كما سوف نرى بوضوح أكبر فيما بعد، أي أساس للاختيار بينهما. وفي ضوء تلك الظروف فإن أحد العوامل التي قادت علماء الفلك في اتجاه كوبرنيكوس (وهو عامل لم يكن بالإمكان أن يقودهم إلى أرسطارخوس) هو الاعتراف بالأزمة التي كانت مسئولة عن التجديد في المحل الأول. ولقد أخفق فلك بطليموس في حل المشكلات وحان الوقت الذي تهيأت فيه الفرصة المنافسة. ولا نجد في المثالين الآخرين من أمثلتنا الثلاثة سبقا كاملا مماثلا لهذا. ولكن الشيء المؤكد أن أحد الأسباب التي من أجلها أخفقت نظريات الاحتراق عن طريق الامتصاص من الغلاف الغازي-وهي النظريات التي استحدثها في القرن السابع عشر كل من ري Rey وهوك Hooke ومايو Mayaw-في أن تجد آذاناً صاغية على نحو كاف هو عدم وجود أي رابطة بينها وبين أي مشكلة من المشكلات المعترف بها آنذاك في الممارسة العلمية القياسية [16]. ومما لا ريب فيه أن إخفاقا مماثلا في حدوث مواجهة كان أحد الأسباب الرئيسية التي جعلت علماء

القرنين 18 و19 يغفلون زمنا طويلا انتقادات أصحاب النظرة النسبية لمذهب نيوتن.

لقد أثبت فلاسفة العلم مرارا أن بالإمكان دائما وضع العديد من الصياغات النظرية على أي مجموعة من الوقائع المجمعة. ويفيد تاريخ العلم، خاصة في المراحل الأولى لنشوء نموذج إرشادي جديد، أن ليس من الصعب بمكان ابتداع مثل هذه البدائل. بيد أن ابتكار البدائل هو على وجه الدقة الشيء الوحيد الذي نادرا ما يضطلع به العلماء اللهم إلا في مرحلة نشوء علمهم، وهي المرحلة السابقة على ظهور النموذج الإرشادي، وفي مناسبات خاصة جدا على مدي تطور العلم فيما بعد. فطالما أثبتت الأدوات التي يزودنا بها النموذج الإرشادي أنها قادرة على حل المشكلات التي يحددها، فإن العلم يواصل تقدمه بأسرع الخطى، وينفذ إلى الأعماق عن طريق الاستخدام الواثق لتلك الأدوات، وسبب ذلك واضح جلي فالحال في العام مثله في الصناعة سواء بسواء، إذ أن تغيير الأدوات إسراف ينبغي ادخاره إلى حين، حيث تقتضيه الضرورة. ودلالة الأزمات أنها تعطي مؤشرا بأن المناسبة قد حانت لتغيير الأدوات.

# 8 الاستجابة للأزمة

لنفترض إذن أن الأزمات شرط أولي ضروري لانبثاق نظريات جديدة، ولنسأل أنفسنا بعد ذلك كيف يستجيب العلماء لهذه الأزمات عند حدوثها. إن جانبا من الإجابة، هام وواضح في آن واحد، يمكن اكتشافه إذا ما لاحظنا أولا ما لا يفعله العلماء عندما تواجههم حالات شذوذ حتى وإن كانت شديدة وطويلة الأمد. فعلى الرغم من أنهم قد يبدؤون في التخلي عن ثقتهم التامة، ومن ثم التفكير في نظريات بديلة، إلا أنهم لا يتخلون عن النموذج الإرشادي الذي أفضى بهم إلي الأزمة. وليس معنى ذلك أنهم لا يعتبرون حالات الشذوذ شواهد مناقضة، هذا على الرغم من أنها كذلك طبقا لتعريف معجم مصطلحات فلسفة العلوم، وهذا التعميم مبني في جانب منه على الواقع التاريخي وعلى أمثلة تشبه تلك الأمثلة التي أسلفنا عرضها وسنعرض لها بتفصيل أكثر فيما يلي. ويلمح هذا إلى ما سوف نتحقق منه بدقة أكثر في دراستنا بعد ذلك لعملية رفض النموذج الإرشادي. إذ ما إن تبلغ النظرية العلمية مرتبة النموذج الإرشادي، حتى تثبت ولا يعلن البتة أنها أضحت غير ذات قيمة إلا بعد أن تتيسر نظرية أخرى منافسة تكون بديلا

عنها وتحل محلها. ولم تكشف الدراسة التاريخية التطور العلمي عن أي عملية تشبه القالب المنهجي المعهود القائم على «إثبات زيف» نظرية عن طريق مقارنتها المباشرة بالطبيعة. وليس معنى هذا أن العلماء لا يرفضون النظريات العلمية، ولا أن الخبرة والتجربة غير لازمتين للعملية المفضية إلى ذلك. ولكنها تعنى تحديدا-وهذا ما يمثل نقطة محورية في النهاية-إن عملية الحكم التي تفضي بالعلماء إلى رفض نظرية كانت مقبولة سابقا إنما ترتكز دائما على ما هو أكثر من مقارنة تلك النظرية بالعالم. فإن قرار رفض نموذج إرشادي يكون دائما وفي آن واحد قرارا بقبول نموذج إرشادي آخر، وإن الحكم الذي يفضي إلى هذا القرار إنما ينطوي على كل من مقارنة النموذجين الإرشاديين بالطبيعة ومقارنتهما بعضهما ببعض.

وهناك، بالإضافة إلى ذلك، سبب ثان للشك في أن العلماء يرفضون النماذج الإرشادية لمجرد أنهم واجهوا حالات شاذة، أو شواهد مناقضة. والجدير بالملاحظة أنه عند عرض هذا السبب تفصيلا سوف تبرز على السطح تلقائيا إحدى الأطروحات الأساسية في دراستي هذه. لقد كانت أسباب الشك المبينة إجمالا آنفا أسبابا خاصة بالوقائع بصورة محضة: إذ كانت هي نفسها شواهد مناقضة لنظرية معرفية «أبستمولوجية» سائدة. ومن حيث أنها كذلك، إذا صح رأيي الذي ألمحت إليه الآن، فإنها يمكن على أحسن الفروض أن تساعد على خلق أزمة، أو، إن شئت دقة أكثر، أن تزيد من احتدام أزمة قائمة من قبل إلى حد كبير. إنها لا تثبت بذاتها، ولن تستطيع أن تثبت، زيف هذه النظرية الفلسفية ذلك لأن المدافعين عنها سيفعلون كل ما شاهدنا العلماء يفعلونه عندما تواجههم حالة شذوذ. إنهم سوف يضعون صيغا عديدة ومتباينة، ويدخلون تعديلات عمدية لهذا الغرض بالذات على نظريتهم بغية إزالة أي صراع ظاهري. والواقع أن الكثير من التعديلات والتنقيحات الوثيقة الصلة موجودة فعلا من قبل في أدبيات البحث العلمي الخاصة بالموضوع. ومن ثم فإن هذه الشواهد الأبستمولوجية المناقضة أضحت تؤلف ما هو أكثر من عامل إثارة ثانوي فسوف يرجع ذلك إلى أنها تساعد على السماح بظهور تحليل علمي جديد ومغاير لما سبق بحيث لا تمثل هذه الشواهد في إطاره مصدرا لأي إشكال. علاوة على هذا، فلو أمكن أن نستخدم هنا تصورا نمطيا، سنعرض له فيما بعد عند

الحديث عن الثورات العلمية، فإن مظاهر الشذوذ هذه لن تبدو بعد ذلك في صورة وقائع بسيطة. بل إنها، على العكس من ذلك، قد تبدو في إطار نظرية جديدة للمعرفة العلمية شيئا أشبه كثيرا بحشو الكلام، وعرضا دالا على حالات لم يكن بالإمكان تصورها على نحو آخر.

ولوحظ كثيرا، على سبيل المثال، أن قانون نيوتن الثاني عن الحركة، على الرغم من أن إنجازه قد استغرق قرونا من البحث النظري والواقعي المضني، إنما بدا في نظر المؤمنين بنظرية نيوتن، قضية منطقية خالصة لا يدحضها أي قدر من المشاهدات مهما عظم [1]. وسوف يتضح لنا في الفصل العاشر أن القانون الكيميائي الخاص بالنسب الثابتة، والذي كان قبل دالتون بمثابة بينة تجريبية عرضية تتسم بعمومية تثير الكثير من الشك، أصبح بعد جهود دالتون عنصرا أساسيا من عناصر تعريف المركب الكيميائي لا ينقضه أي عمل تجريبي بذاته. ويحدث أيضا شيء شبيه بذلك كثيرا عندما يقال على سبيل التعميم أن العلماء لا ينتهون إلى رفض النماذج الإرشادية إذا ما واجهتهم حالات شذوذ أو شواهد مناقضة. إنهم يعجزون عن ذلك إذا أرادوا أن يظلوا علماء.

إن بعضهم قد اضطروا كرها، دون شك، إلى أن يهجروا العلم بسبب عجزهم عن تحمل الأزمة. ولكن التاريخ يستبعد أن يحتفظ بأسمائهم. إن العلماء المبدعين مثلهم مثل الفنانين يجب أن يكونوا قادرين بين الحين والحين على العيش في عالم متنافر-وقد وصفت تلك الضرورة في موضع آخر بقولي إنها «التوتر الجوهري» الذي ينطوي عليه البحث العلمي [2]. بيد أنني أعتقد أن رفض العلم على هذا النحو والتوجه إلى عمل آخر هو النوع الوحيد لرفض النموذج الإرشادي الذي يمكن أن تفضي إليه الشواهد المناقضة من تلقاء نفسها. وما أن يتم الاهتداء لأول مرة إلى نموذج إرشادي يرى الباحثون من خلاله الطبيعة حتى يتوقف إجراء أي بحث بعد ذلك في غيبة نموذج إرشادي ما. ويصبح رفض النموذج الإرشادي دون إحلال غيره محله في ذات الوقت بمثابة رفض للعلم نفسه. ولا ينعكس أثر هذا السلوك على النموذج الإرشادي بل على الإنسان. إذ ينظر أقرانه إليه نظرتهم إلى النجار الذي يلقي اللوم على عدته.

ويمكن أن نؤكد هذه الفكرة ذاتها بطريق عكسي: فلا يوجد بحث علمي

بدون شواهد مناقضة. إذ ما الذي يفرق بين العلم القياسي وبين العلم في حالة أزمة؟ ليس السبب يقينا أن الأول لا يواجه شواهد مناقضة. بل على العكس تماما، إن ما سميناه قبل ذلك الألغاز التي تؤلف العلم القياسي إنما توجد فقط لأن أي نموذج إرشادي معتمد لدى الباحثين كأساس البحث العلمي لا يمكن أبدا أن يحل بشكل كامل وتام جميع مشكلات هذا العلم، وإذا كانت هناك حالات نادرة جدا لنماذج إرشادية بدا أنها حققت ذلك (البصريات الهندسية على سبيل المثال) فإنها سرعان ما توقفت عن طرح أي مشكلة للبحث بل وتحولت إلى أدوات لمهارات تقنية. ومن ثم فإن كل مشكلة، ينظر إليها العلم القياسي باعتبارها لغزا يمكن النظر إليها من زاوية أخرى باعتبارها شاهدا مناقضا، وبالتالي مصدر الأزمة باستثناء تلك التي تحولت كلية إلى أدوات مساعدة. فإن كل ما اعتبره أكثر خلفاء بطليموس ألغازا عند التوفيق بين المشاهدة والنظرية، رآه كوبرنيكوس شواهد مناقضة. كذلك فان ما اعتبره بريستلي لغزا تم حله على نحو جيد في إطار نظرية الفلوجستون إنما رآه لافوازييه شواهد مناقضة. ونفس الشيء مع آينشتين، فإن ما رآه كل من لورينتز وفتزجرالد وغيرهما ألغازا في إطار صياغة نظرية نيوتن ونظرية ماكسويل، رآه آينشتين شواهد مناقضة. علاوة على ذلك فإن وجود الأزمة ذاته لا يحول اللغز تلقائيا إلى حالة معاكسة. إذ ليس ثمة خط فاصل حاد على هذا النحو. بل إن تكاثر الصور المتباينة للنموذج الإرشادي يجعل الأزمة بدلا من ذلك تخفف من سطوة قواعد الأسلوب العادي في حل الألغاز فتتعدد السبل على نحو يسمح في النهاية بانبثاق نموذج إرشادي جديد. وأحسب أن هناك بديلين فقط: إما أن أي نظرية علمية لا تواجه أبدا حالة معاكسة أو أن جميع النظريات العلمية تواجه، وفي كل الأوقات، حالات معاكسة.

ولكن كيف كان يمكن أن يبدو الموقف لو كان مختلفا عن ذلك؟ يقودنا هذا السؤال بالضرورة إلى ما تقدمه الفلسفة من توضيح تاريخي ونقدي، وهي موضوعات محظورة هنا. بيد أننا يمكن أن نلحظ على الأقل سببين يفسران لماذا بدا العلم وكأنه التعبير الصادق عن المبدأ العام القائل إن الصدق والزيف تحددهما على نحو فريد ومطلق المقابلة بين النظرية والوقائع. إن العلم القياسي يكابد، ويجب أن يكابد باستمرار، من أجل

التقريب بين النظرية والواقع، وإن هذا الجهد يمكن بسهولة أن يبدو عملية اختبار أو بحث من أجل إثبات الصدق أو الكذب. ولكن هدفه، على العكس من ذلك، هو حل لغز يرتكز وجوده ذاته على صواب النموذج الإرشادي. والفشل في الوصول إلى حل ينزع الثقة عن رجل العلم ذاته دون العلم أو النظرية العلمية. وهنا يصدق أكثر من ذي قبل المثل القائل: «النجار الفاشل يلقي اللوم على عدته» علاوة على هذا فإن طريقة تعليم العلوم التي تربط دراسة النظرية بملاحظات على نماذج من تطبيقاتها المثالية ساعدت على دعم وترسيخ نظرية المصادقة المستمدة في الجانب الأكبر منها من مصادر أخرى. إن أبسط الأسباب الداعية إلى ذلك أن من يقرأ كتابا لتدريس العلوم يستطيع بسهولة أن يأخذ التطبيقات على أنها برهان على صدق النظرية، ويري فيها الأسباب التي من أجلها ينبغي عليه أن يؤمن بها. بيد أن الطلاب الذين يدرسون مادة العلوم يسلمون بالنظريات ثقة منهم في سلطة معلمهم وفي الكتاب الدراسي، وليس بسبب البرهان. إذ ما هي البدائل المطروحة أمامهم أو ما الذي يمكنهم عمله في ضوء ما يملكونه من كفاءة واختصاص؟ إن التطبيقات التي يعرضها الكتاب الدراسي لا يسوقها الكتاب كدليل أو برهان بل لأن معرفتها جزء من تعلم النموذج الإرشادي الذي يشكل أساس الممارسة الجارية. إذ لو أن التطبيقات معروضة باعتبارها دليلا إذن لكان مجرد فشل الكتب الدراسية في الإيحاء بتطبيقات بديلة أو في دراسة المشكلات التي أخفق العلماء في تقديم حلول لها في إطار النموذج الإرشادي لكان بمثابة إدانة لمبدعيها بالانحياز الشديد. ولكن ليس هناك أي مبرر، مهما كان بسيطا، لتوجيه مثل هذا الاتهام.

ولنعد ثانية إلى سؤالنا الذي بدأنا به، وهو كيف يستجيب العلماء عند إدراك شذوذ في التطابق بين النظرية والطبيعة؟ إن ما قلناه حتى الآن يشير إلى أن التضارب، حتى وإن كان على نحو غير مفهوم، أوسع نطاقا من التضارب الذي كشفت عنه الخبرة في التطبيقات الأخرى للنظرية فإنه لا يستثير بالضرورة رد فعل شديد، فهناك دائما بعض مظاهر للتضارب. ويحدث عادة أن أشد الحالات استعصاء على الحل تستجيب في نهاية الأمر للتطبيق العادي. وفي غالب الأحيان يؤثر العلماء التريث والانتظار، خاصة إذا ما كانت هناك مشكلات كثيرة في قطاعات أخرى من مجال

البحث. وسبق أن لاحظنا على سبيل المثال، أنه على مدى الستين عاما التالية لحسابات نيوتن المبتكرة لم تتجاوز حركة القمر نحو الحضيض التي تنبأ بها سوى نصف الحركة التي بينتها الأرصاد. وبينما لم يكف خيرة علماء الفيزياء الرياضية في أوربا عن التصدي بقوة لهذا التضارب المشهورة دون أن يحالفهم النجاح، كانت تصدر بين الحين والآخر مقترحات تدعو إلى تعديل قانون التربيع العكسي الذي قال به نيوتن. ولكن لم يأخذ أحد هذه المقترحات مأخذا جادا تماما، ثم ثبت في التطبيق العملي أن هذا الصبر على هذا الشذوذ الكبير أمر له ما يبرره. فقد استطاع كليروت في عام 1750 أن يبين أن الخطأ يكمن فقط في الجانب الرياضي من التطبيق وأن نظرية نيوتن تحتفظ بكل قيمتها كنظرية صحيحة [3]. بل إنه حتى في الحالات التي قد يبدو فيها أن مجرد الخطأ أمر غير محتمل الحدوث (ربما لأن الرياضيات المستخدمة أسهل أو من نوع مألوف أو طبقت بنجاح في مجال آخر) فإن حالة الشذوذ المستمرة والمعترف بها لا تكون دائما سببا في وقوع أزمة. فلم يحدث أن تشكك أحد جديا في نظرية نيوتن بسبب التضارب الذي اعترف به الباحثون ودام زمنا طويلا بين التنبؤات المبنية على أساس هذه النظرية وبين سرعة الصوت أو بينها وبين حركة عطارد. وتم في النهاية وعلى نحو غير متوقع بالمرة حسم التضارب الأول بناء على تجارب أجريت على الحرارة وأجراها الباحثون لغرض آخر مغاير تماما، وزال التضارب الثاني مع ظهور النظرية العامة للنسبية بعد أزمة لم يكن له دور في نشوئها [4]. وواضح أن أيهما لم يكن فيما يبدو عاملا أساسيا في إثارة حالة القلق المصاحبة لنشوب الأزمة. ومن ثم يمكن التسليم بأنهما أشبه بشواهد معاكسة ويمكن تنحيتهما جانبا لحين البحث في أمرهما في فترة تالية.

يلزم عن هذا أن حالة الشذوذ التي تفضي إلى أزمة، لا بد أن تكون عادة أكثر من مجرد شذوذ فحسب. فهناك دائما مشكلات في مكان ما تتعلق بمدى ملاءمة طبيعة النموذج الإرشادي، ويجرى تصحيح أكثرها إن آجلا أم عاجلا، ويتم هذا في الغالب من خلال عمليات لم يكن من المستطاع التبوء بها مسبقا. فإن العالم الذي يتريث وينتظر إلى حين دراسة كل حالة من حالات الشذوذ التي يلحظها لن يؤدي عملا هاما وبارزا إلا نادرا. لذا يتعين

علينا أن نسأل ما الذي يجعل شذوذا ما يبدو أمرا جديرا بدراسة فاحصة ومتضافرة ومتعمقة؟ ولكن ربما لا توجد إجابة عامة وكاملة على هذا السؤال. وإن الحالات التي أسلفنا دراستها هي حالات مميزة ولكن يتعذر القول أنها تشكل قاعدة إرشادية. فقد يحدث أحيانا أن يثير شذوذ ما وعلى نحو واضح الشكوك في قواعد صريحة وأساسية للنموذج الإرشادي مثلما حدث بالنسبة لمشكلة سحب الأثير Ether Drag مع من سلموا بنظرية ماكسويل. أو مثلما حدث في الثورة الكوبرنيكية فإن حالة شذوذ غير ذات شأن أساسي ظاهر قد تثير أزمة إذا ما كانت التطبيقات التي تمنعها لها أهمية عملية خاصة، وقد كانت في هذه الحالة تطبيقات التقويم الشمسي وعلم التنجيم..... أو على نحو ما حدث في كيمياء القرن الثامن عشر فإن تطور العلم القياسي قد يحول شذوذا ما، لم يكن في السابق سوى مصدر قلق، إلى مصدر أزمة: فإن مشكلة علاقات الوزن أضحت لها مكانة مختلفة جدا بعد تطور تقنيات كيمياء الهواء المضغوط. ويمكن أن نفترض أنه لا تزال هناك وقائع يمكن أن تجعل من حالة الشذوذ عاملا ضاغطا متميزا، ويتحد أكثرها بطبيعة الحال. وسبق أن لحظنا، على سبيل المثال أن أحد مصادر الأزمة التي واجهت كوبرنيكوس هو مجرد طول الحقبة الزمنية التي قضاها علماء الفلك في صراع غير موفق من أجل حسم حالات التضارب المتخلفة عن نظام بطليموس.

وعندما يبدو شذوذ ما، سواء لهذه الأسباب أم لأسباب أخرى مماثلة، إنه أكثر من مجرد لغز آخر من ألغاز العلم القياسي، يكون قد بدأ الانتقال إلى الأزمة وإلى علم غير العلم المعتاد. إذ يصبح الشذوذ ذاته الآن موضوعا مسلما به من حيث هو كذلك على نحو أكثر عمومية بين أبناء التخصص. ويتزايد باطراد عدد الأعلام من الباحثين في هذا المجال الذين يولون المزيد من الاهتمام أكثر فأكثر لتلك الحالة. وإذا استعصت حالة الشذوذ على الحل، واطردت مقاومتها، وهو أمر نادر الحدوث عادة، يشرع الكثيرون منهم في اعتبار مهمة حسمها الموضوع الأساسي في مبحثهم. ومن ثم تتغير نظرتهم إلى مجال بحثهم الذي لم يعد هو ذات المجال الذي كان عليه من قبل. ويرجع تغير صورته جزئيا إلى النقطة الجديدة التي يركزون عليها بحثهم العلمي وأضحت بؤرة الاهتمام وتدقيق النظر. ولكن هناك مصدرا

آخر أهم يكون سببا في تغير نظرتهم ويتمثل في الطبيعة المغايرة للعديد من الحلول الجزئية وليدة الاهتمام المتضافر بالمشكلة. فالهجمات الأولى ضد المشكلة المستعصية التزمت في البداية التزاما دقيقا بقواعد النموذج الإرشادي ولكن مع اطراد المقاومة، بدأت الهجمات ضدها تشتمل أكثر فأكثر على قدر ضئيل وربما لا يكون ضئيلا جدا. من التعديل في صيغة النموذج الإرشادي وقد لا يتشابه تعديلان، وإن حقق كل تعديل قدرا من النجاح. غير أن أيا من تلك التنقيحات ليست كافية بالقدر الذي يسمح لفريق الباحثين بقبولها كنموذج إرشادي. ومن خلال هذا التعدد والانتشار للتنقيحات المتباينة (ويزداد الاتجاه باطراد نحو وصفها بالتعديلات المخصصة)، تصبح قواعد العلم القياسي أكثر ضبابية، وتفقد دقتها باطراد. ونلاحظ على الرغم من أن النموذج الإرشادي لا يزال قائما إلا أن قليلين من الباحثين الممارسين هم الذين يؤكدون اتفاقهم الشامل بشأن طبيعته. وإذا بالحلول السابقة بما في ذلك الحلول القياسية السابقة للمشكلات التي تيسر حسمها تصبح جميعها موضع شك وتساؤل.

وما أن تتفاقم حدة هذا الموقف حتى يسلم به أحيانا العلماء المعنيون. فقد اشتكى كوبرنيكوس من أن علماء الفلك في أيامه كانوا «متضاربين بشأن هذه البحوث «في علم الفلك»...... حتى باتوا عاجزين عن تفسير أو ملاحظة الطول الثابت للسنة والفصول». واستطرد قائلا: «إن مثلهم في هذا كمثل فنان انتقى لصورة من نماذج عديدة ومتباينة اليدين والقدمين والرأس وغير ذلك من الأطراف، كل منها مرسومة في أصلها على أحسن ما يكون الرسم حتى بلغت أقصى حدود الروعة والجمال، ولكنها ليست جميعها أطراف جسد واحد مترابط، ومن ثم فإن أيا منها لا يلائم الآخر ولا يتسق معه، فكانت النتيجة أن خرج الرسم الجديد أشبه بصورة وحش مشوه وليس إنسانا» [5]. ولكن آينشتين الذي قيده الاستعمال الجاري، للغة وفرض عليه البعد عن زخرف الكلام فقد اكتفى بالقول: «بدا الأمر وكأن الأرض قد سحبت بعيدا من تحت قدمي الإنسان، فلم يعد يرى في أي مكان أساسا راسخا صالحا للبناء فوقه» [6]. وكتب فولف جانج باولي، خلال الشهور السابقة على نشر دراسة هايزبنرج عن ميكانيكا المصفوفات التي حددت معالم الطريق المؤدية إلى نظرية الكم الجديدة، كتب في رسالة

إلى صديق له: «عادت الفيزياء الآن إلى حالة التشوش الرهيب. وعلى أية حال فقد بات الأمر شديد القسوة على نفسي، وكم تمنيت لو أنني كنت ممثلا كوميديا في السينما أو أي شيء آخر من هذا القبيل، ولم أسمع أبدا عن الفيزياء». وهذه شهادة مثيرة ومؤثرة حقا إذا ما قورنت بكلمات باولي التي قالها بعد أقل من خمسة أشهر: «إن نوع الميكانيكا التي يقدمها هايزنبرج قد منحتني ثانية الأمل والبهجة في الحياة. إنها يقينا لا تقدم لنا الحل الشافي للغز، ولكنني أعتقد أنها قادرة على أن تواصل السير قدما من جديد» (7).

وإذا كانت هذه الاعترافات السافرة بالانهيار أمرا نادر الحدوث، إلا أن نتائج الأزمة ليست وقفا بالكامل على التسليم الواعي بها. وما الذي يمكن أن نقوله عن ماهية هذه النتائج؟ نتيجتان فقط من بينها تبدوان ذاتي طابع كلي شامل. إذ تبدأجميع الأزمات بحالة ضبابية تكتنف النموذج الإرشادي مع ما يتبع ذلك من تفكك في قواعد البحث القياسي. ونلحظ في هذا الصدد أن البحث العلمي خلال فترة الأزمة يشبه كثيرا جدا البحث أثناء فترة ما قبل النموذج الإرشادي إلا أنه في الحالة الأولى يكون محل الاختلاف أصغر حجما وأكثر تحديدا. ومن ناحية أخرى تنتهي جميع الأزمات بإحدى السبل الثلاث التالية. فقد يحدث أحيانا أن يثبت العلم القياسي في النهاية قدرته على معالجة المشكلة التي أثارت الأزمة على الرغم من اليأس الذي مني به الباحثون الذين رأوا في هذه المشكلة خاتمة النموذج الإرشادي القائم ولكن في حالات أخرى تستعصي المشكلة على أساليب معالجتها وتقاوم حتى الأساليب التي تبدو في ظاهرها أساليب راديكالية جديدة. وهنا قد يخلص العلماء إلى أنه لا أمل مستقبلا في الوصول إلى أي حل من خلال مجال بحثهم وهو بحالته الراهنة. فتحدد سمات المشكلة، وتطرح جانبا لجيل مقبل له أدواته الأكثر تطورا. أو، قد تحدث الحالة التي تعنينا هنا أكثر مز غيرها، وذلك بأن تنتهي الأزمة بانبثاق مرشح جديد بديل عن النموذج الإرشادي، تم ما يتبع ذلك من معركة بشأن قبوله. وسوف نعرض بالتفصيل في الفصول التالية هذا الأسلوب الأخير لإسدال الستار وإعلان انتهاء الأزمة. ولكن يتعين أن نعرض سلفا طرفا مما سوف يقال استكمالا لملاحظاتنا بشأن تطور وتشريح حالة الأزمة.

وإن الانتقال من نموذج إرشادي في حالة أزمة إلى نموذج إرشادي جديد يمكن أن ينبثق عنه تقليد جديد للعلم القياسي، مسألة أبعد ما تكون عن وصفها بأنها عملية تراكمية، تتحقق عن طريق تنقيح وإحكام النموذج الإرشادي القديم أو توسيع نطاقه. بل إنها على الأصح تجديد أو إعادة بناء المجال فوق قواعد أساسية جديدة، وهو إعادة من شأنها أن تغير بعض القواعد النظرية الأكثر أساسية لمجال البحث، وكذلك تجديد الكثير من مناهج وتطبيقات النموذج الإرشادي لهذا المجال. وسيكون هناك أثناء فترة الانتقال قدر كبير من التداخل، تداخلا إن لم يكن كاملا فإنه هام، بين المشكلات التي يمكن حلها بواسطة النموذج الإرشادي القديم والجديد معا. ولكن سيكون هناك أيضا فارق حاسم في طرائق الحل. وعندما تكتمل عملية الانتقال، يكون قد غير أهل الاختصاص نظرتهم إلى مجال بحثهم وإلى مناهجه وأهدافه. وقد تفحص مؤخرا أحد المؤرخين ذوي البصيرة النافذة حالة كلاسيكية لإعادة تنظيم العلم وفقا لمقتضيات الوقائع عن طريق تغيير النموذج الإرشادي، ووصف هذه العملية بأنها أشبه «بالتقاط الطرف الآخر للعصا»، وأنها عملية تنطوي على «تناول نفس مجموعة المعطيات الموجودة قبلا، ولكن بعد وضعها في نسق جديد من العلاقات بين بعضها من خلال وضعها في إطار مغاير» [8]. ولكن آخرين ممن لحظوا هذا الجانب للتقدم العلمي أكدوا تماثله مع التغير في الصورة البصرية الكلية (الجشطلتية): «فالعلامات المرسومة على الورق التي بدت أول الأمر في صورة طائر نراها الآن في صورة ظبي أو العكس بالعكس [9]، غير أن هذا التوازي قد يكون مضللا. فالعلماء لا يرون شيئا وكأنه شيء آخر، وإنما هم يرونه فقط ولا شيء غيره. لقد سبق لنا أن درسنا بعض المشكلات الناجمة عن القول أن بريستلي رأى الأكسجين وكأنه هواء وقد تخلص من الفلوجستون. علاوة على هذا فإن الباحث العلمي ليس مثله كمثل المفحوص في تجارب الجشطلت الذي له حرية التراوح بين طريقة في الرؤية وبين أخرى. ومع هذا فإن تبدل الصورة الكلية «الجشطلتية» خاصة وأنه تبدل مألوف لنا اليوم، يعد نموذجا أوليا مفيدا في المقارنة لوصف ما يجرى عند حدوث تحول كامل للنموذج الإرشادي.

قد تساعدنا التقديرات السابقة على فهم الأزمة باعتبارها مدخلا

ملائما لانبثاق نظريات جديدة خاصة بعد أن درسنا صورة مصغرة لذات العملية عند دراسة ظهور الاكتشافات. ونظرا لأن انبثاق نظرية جديدة يهدم تقليدا للبحث العلمي، ويقدم تقليدا جديدا يسترشد بقواعد مغايرة وفي إطار عالم استدلالي جديد، فإنه لهذا السبب وحده يكون من المرجح أن تنبثق النظرية الجديدة عندما يسود شعور بأن التقليد الأول قد ضل ضلالا بعيدا. بيد أن هذه الملاحظة ليست أكثر من مدخل لتحرى حالة الأزمة، كما وأن المسائل التي تفضي إليها تستلزم، لسوء الحظ، التحلي بكفاءة الباحث النفسي أكثر من التحلي بكفاءة المؤرخ. فما هي طبيعة البحث غير المألوف؟ وكيف نجعل الشذوذ متسقا مع القانون؟ وكيف يتصرف العلماء حين يبدأ وعيهم بأن شيئا ما انحرف انحرافا أساسيا عند مستوى لم يهيئهم تدريبهم لمعالجته؟ هذه الأسئلة كلها بحاجة إلى بحث أكثر عمقا، وحري بألا يكون البحث هنا كله تاريخيا. وجدير بالملاحظة أن حديثنا فيما يلي سيكون بالضرورة تقديريا، ومن ثم فهو دون ما أسلفنا حسما واكتمالا.

غالبا ما ينبثق النموذج الإرشادي الجديد، أو يكون على الأقل في مرحلة جنينية، قبل أن تستفحل الأزمة وتتطور تطورا كبيرا، أو قبل الاعتراف بها صراحة. وأصدق مثال على ذلك ما عمله لافوازييه. فقد أودع مذكرته المختومة لدى الأكاديمية الفرنسية قبل مضى عام على الدراسة الشاملة الأولى عن علقات الأوزان في نظرية الفلوجستون وقبل أن تكشف منشورات بريستلي عن المدى الكامل للأزمة في كيمياء الهوائيات المضغوطة. ومثال آخر للتفسيرات الأولى التي فسر بها توماس يونج النظرية الموجية للضوء إذ ظهرت في مرحلة مبكرة جدا من نشوء الأزمة في علم البصريات التي ما كان يمكن ملاحظتها لولا أنها، بدون مساعدة من يونج، تفاقمت وتحولت إلى فضيحة علمية دولية خلال عقد منذ تاريخ كتابته لأول مرة. ولا يسع المرء في مثل هذه الحالات إلا أن يقول إن مجرد حالة إخفاق بسيطة تصيب النموذج الإرشادي فضلا عن البوادر الأولى لتشوش وغموض قواعده التي يقوم عليها العلم القياسي، كافية لكي تستحث الباحث على تلمس سبيل جديدة في مجال بحثه يعالج بها المسألة. ولابد أن ما يطرأ من أحداث فيما بين بداية الإحساس بالمشكلة وبين الاعتراف ببديل متاح إنما يجرى أساسا بطريقة لا شعورية.

ولكن في حالات أخرى-مثل حالات كوبرنيكوس وآينشتين والنظرية النووية المعاصرة-يمضى وقت طويل بين الوعي بالفشل لأول مرة وبين انبثاق نموذج إرشادي جديد. وعندما تمضى الأمور على هذا النحو، فقد يلتقط المؤرخ بضع تلميحات على الأقل تشير إلى طبيعة العلم غير المألوف. إذ ما أن يواجه العالم شذوذا أساسيا في النظرية ومعترفا به، حتى يعمد في الغالب إلى تركيز جهوده من أجل تمييزه وفرزه بصورة أكثر دقة وتحديدا، وإعطائه بنية معينة. وعلى الرغم من أنه بات يدرك الآن أن قواعد العلم القياسي قد لا تكون صوابا تماما، إلا أنه سيدفع بها إلى أقصى حد ممكن أكثر مما سبق لكي يتبين تحديدا، في نطاق تمركز المشكلة، أين وكيف وإلى أي مدى يمكن أن تثمر هذه القواعد وتؤدي دورها؟ وسوف يبحث في الوقت ذاته عن سبل تؤدى إلى تضخم الفشل وتجعله أكثر إثارة وربما أيضا أكثر إيحاء بالمدلولات عما كان وقت اكتشافه في التجارب حين ظن أن نتيجة ذلك معروفة مقدما. ونلحظ خلال هذه الجهود الأخيرة، أكثر من أي فترة أخرى من فترات تطور العلم فيما بعد النموذج الإرشادي، أنه بات قريب الشبه جدا من الصورة الشعبية السائدة بيننا عن الباحث العلمي،. إنه سيبدو أولا، وفي الغالب، أشبه برجل يبحث على نحو عشوائي، يجري التجارب فقط لكي يتبين ما عساه أن يحدث، باحثا عن نتيجة لا يستطيع أن يخمن جيدا طبيعتها. وفي الوقت ذاته، وحيث أنه من المستحيل تصور إجراء تجربة بدون توفر نوع ما من النظرية، فإن رجل العلم الذي يعيش في أزمة سوف يحاول في دأب ومثابرة تصور نظريات تأملية يمكن لها، إذا ما نجحت، أن تميط اللثام عن الطريق إلى نموذج إرشادي جديد، وإذا ما فشلت أسقطها من حسابه في سهولة ويسر نسبيا لتفسح الطريق لغيرها.

وأن تقييم كيبلر لصراعه المديد مع حركة كوكب المريخ ووصف بريستلي لاستجابته إزاء انتشار غازات جديدة يقدمان لنا مثالين كلاسيكيين لنوع البحث الذي تغلب عليه العشوائية إثر إدراك الشذوذ[10]. ولكن لعل خير الأمثلة التوضيحية قاطبة هي الأمثلة المستمدة من البحوث المعاصرة عن نظرية المجالات وعن الجسيمات الأساسية. فهل كان هناك ما يبرر تلك الجهود الجبارة التي اقتضاها الكشف عن النيوترينو لو لم تكن هناك أزمة جعلت من الضروري تبين مدى النطاق الذي يصلح فيه تطبيق قواعد العلم

القياسي؟ أو هل كان بالإمكان اختبار، أو الإشارة إلى، الغرض الراديكالي الخاص بعدم بقاء التماثل لو لم تفشل قواعد العلم القياسي فشلا ذريعا عند نقطة استحال الكشف عنها؟ إن هذه التجارب مثلها مثل الكثير من البحوث الأخرى في الفيزياء خلال العقد الماضي، كانت في جانب منها محاولات لبيان موضع وتحديد مصدر طائفة من الحالات الشاذة التي لا تزال تتسع.

ويحدث غالبا، وليس دائما، أن يقترن هذا النوع من البحث غير المألوف بنوع آخر من البحوث ويبدو لي أن هذا يحدث بخاصة في فترات الأزمات المعترف بها والتي يتحول فيها العلماء شطر التحليل الفلسفي يلتمسون فيه وسيلة لكشف مغاليق الألغاز التي تواجههم في مجال بحثهم. ومن الطبيعي أن العلماء بوجه عام لم يكونوا دائما بحاجة إلى أن يصبحوا فلاسفة، ولم تراودهم الرغبة دائما في ذلك. والحقيقة أن العلم القياسي يحتفظ بمسافة تحت متناول اليد تفصل بينه وبين الفلسفة الإبداعية، ولعل ذلك لأسباب لها وجاهتها. إذ طالما أن نشاط البحوث العادية قادر على التقدم باطراد مستفيدا من النموذج الإرشادي كنموذج له، فسوف تنتفي الحاجة إلى أن تكون القواعد والافتراضات صريحة سافرة. وسبق أن أوضحنا في الفصل الخامس أن المجموعة الكاملة من القواعد التي بحاجة إلى التحليل الفلسفي ليس وجودها ضروريا ملزما. ولكن ليس معنى هذا أن البحث عن افتراضات (حتى ولو كانت افتراضات غير موجودة) لا يمكن أن يكون وسيلة فعالة لإضعاف قبضة التقليد على العقل والإيحاء بالأسس التي ينبني عليها الجديد. وليس من قبيل المصادفة أن ظهور كل من فيزياء نيوتن في القرن السابع عشر، والنسبية وميكانيكا الكم في القرن العشرين سبقه واقترن به في الحالتين تحليل فلسفي أساسي لتراث البحث المعاصر لكل منهما [11]. بل وليس من قبيل المصادفة أيضا أن في كل من هاتين الفترتين كان لما يسمى تجارب الفكر أو العقل دور حاسم للغاية في تقدم البحث. وكما أوضحت في موضع آخر، فإن التجريب القائم على الفكر التحليلي الذي يشكل الشطر الأعظم والغالب في كتابات جاليليو وآينشتين وبور وغيرهم إنما كان أمرا محسوبا بدقة لعرض النموذج الإرشادي القديم في ضوء المعارف القائمة وفق سبل تسمح بعزل جذور الأزمة وتبينها في وضوح لا

سبيل إليه داخل المعمل [12].

وأدت الاستعانة بهذه التدابير غير المألوفة، مجزأة أو مكتملة، إلى احتمال حدوث شيء آخر مترتب عليها. إذ مع تركيز الانتباه العلمي على فئة محدودة من المشكلات، ومع تهيئة العقل العلمي للتسليم بحالات الشذوذ التجريبي كما تبدو في ظاهرها، غالبا ما تؤدى الأزمة إلى توالد اكتشافات جديدة. وسبق أن أوضحنا كيف أن إدراك الأزمة ميز جهود لافوازييه الخاصة بالأكسجين عن جهود بريستلي. ولم يكن الأكسجين هو الغاز الوحيد الجديد الذي أدرك الكيميائيون الشذوذ بشأنه واستطاعوا اكتشافه في أعمال بريستلي. وكذلك الحال بالنسبة للاكتشافات الجديدة في مجال البصريات، فقد تراكمت سريعا قبيل وأثناء ظهور النظرية الموجية عن الضوء. وثمة اكتشافات أخرى مثل الاستقطاب بفعل الانعكاس. جاءت نتيجة المصادفات التي يرجح حدوثها بفعل تركيز الجهود على مجموعة محدودة من المشكلات. (إن مالوس الذي قال بهذا الاكتشاف كان قد شرع لتوه في دراسة لنيل جائزة الأكاديمية عن موضوع الانكسار المزدوج، وهو موضوع كان يعرف الجميع آنذاك أن المعلومات الخاصة به غير كافية). وثم اكتشافات أخرى، مثل البقعة المضيئة وسط ظل قرص دائري، لم تكن في البداية سوى تنبؤات مبنية على فروض جديدة، وقد ساعد نجاحها على تحولها إلى نموذج إرشادي لجهود بحثية تالية. ولا تزال هناك اكتشافات أخرى، مثل ألوان الخدوش وألوان الألواح السميكة كانت نتائج شاهدها الباحثون كثيرا وأشاروا إليها بين حين وآخر قبل ذلك، ولكن شأنها شأن الأكسجين مع بريستلي، جرى مماثلتها مع نتائج ذائعة مما حال دون رؤيتها على حقيقتها [13].

ويمكن أن نقدم تفسيرا مماثلا لكثير من الاكتشافات التي اقترنت بظهور ميكانيكا الكم بصورة ثابتة منذ عام 1895.

ولا بد أن البحث غير المألوف له مظاهر ونتائج أخرى، بيد أننا في هذا النطاق نكاد نشرع في اكتشاف الأسئلة التي نحن بحاجة إلى أن نسألها. ولكن لعلنا لسنا بحاجة إلى المزيد في هذه النقطة. إذ قد تفي الملاحظات السابقة لبيان كيف أن الأزمة توهن في آن واحد من قبضة القوالب الجامدة وتوفر المعطيات التي تتزايد باطراد، واللازمة لإحداث تحول أساسي في النموذج الإرشادي، ويحدث أحيانا أن البنية التي يسبقها البحث غير المألوف

على الحالة الشاذة هي التي تنذر بالصورة التي سيكون عليها النموذج الإرشادي الجديد. وسبق أن كتب آينشتين أنه قبل أن يتوفر له أي بديل عن الميكانيكا الكلاسيكية، تأتّى له أن يدرك العلاقة المتداخلة بين حالات الشذوذ المعروفة عن إشعاع الجسم الأسود، والتأثير الكهروضوئي وضروب الحرارة النوعية [14]. وفي الغالب الأعم لا يدرك الباحثون هذه البنية بصورة واعية مقدما. بل على العكس من ذلك فإن النموذج الإرشادي الجديد، أو إلماحة كافية لصياغته فيما بعد، تطفر فجأة دفعة واحدة، وسط عتمة الليل أحيانا، داخل ذهن رجل غارق إلى أذنيه في الأزمة. أما ما هي طبيعة تلك المرحلة الأخيرة-أي كيف يبتكر المرء (أو يجد نفسه قد ابتكر) وسيلة جديدة لإضفاء نظام على معطيات تجمعت كلها الآن فأمر لا بد أن يبقى مبهما، وقد يظل كذلك دائما أرجو أن نلحظ هنا الآن شيئا واحدا بشأنه. إن الناس الذين حققوا تلك الابتكارات الأساسية الخاصة بنموذج إرشادي جديد، كانوا دائما على وجه التقريب، إما شبابا حديثي السن، أو جددا تماما على المجال الذي غيروا نموذجه الإرشادي [15]. ولعل هذه النقطة لم تكن بحاجة إلى عرضها سافرة، إذ من الواضح أن هؤلاء الرجال بحكم ممارساتهم وأبحاثهم السابقة، لم يخضعوا بعد تماما لقبضة القواعد التقليدية للعلم القياسي، ولهذا أصبحوا هم المهيأين بخاصة لإدراك أن تلك القواعد لم تعد كافية لتحديد لعبة صالحة للعب، وبالتالي الأقدر على تصور مجموعة قواعد أخرى يمكن أن تحل محل السابقة.

والانتقال بناء على هذا إلى نموذج إرشادي جديد هو ثورة علمية، وهو موضوع أفضنا في التمهيد له لنكون مهيّئين أخيرا للدخول فيه مباشرة. ولكن لنلاحظ أولا، نقطة أخيرة تبدو مراوغة في ظاهرها مهدت لها معطيات الفصول الثلاثة الأخيرة. فحتى الفصل السادس، حيث استخدمنا مفهوم حالة الشذوذ لأول مرة كان مصطلحا «الثورة» و«العلم غير المألوف» يبدوان متكافئين. ولكن الشيء الأهم أن أيا عن المصطلحين لم يعن في ظاهرة أكثر من «علم غير قياسي»، وهو نوع من الدورانية سوف يضيق به بعض القراء على الأقل. ونحن على وشك أن نكتشف أن دورانا فكريا مشابها يميز النظريات العلمية. ولكن سواء أكان هذا الدوران مثيرا للضيق أم لا، فإنه لم يعد شيئا مطلقا. والجدير بالذكر أن هذا الفصل من الدراسة والفصلين

السابقين قد أوضحا عديدا من المعايير لإخفاق النشاط العلمي القياسي، وفي معايير لا تتوقف أبدا على ما إذا كان الإخفاق تتبعه ثورة أم لا. فالعلماء إذا واجهتهم حالة شذوذ أو أزمة يتخذون موقفا مغايرا تجاه النماذج الإرشادية القائمة، وتتغير طبيعة أبحاثهم وفقا لذلك. وتكثر الصياغات البديلة المنافسة للنموذج الإرشادي، والرغبة في محاولة عمل أي شيء، والإعراب صراحة عن حالة الاستياء، واللجوء إلى الفلسفة والجدل بشأن الأسباب النظرية، كل هذه أعراض حالة الانتقال من البحث القياسي إلى البحث الاستثنائي أو غير المألوف. ويتوقف مفهوم العلم القياسي على وجودها جميعا أكثر مما يتوقف على وجود الثورة.

# ٩ الثورات العلمية طبيعتها وضرورتها

تلك الملاحظات تسمح لنا أخيرا بالنظر في المشكلة التي اتخذنا من اسمها عنوانا لهذه الدراسة. ما هي الثورات العلمية؟ وما هي وظيفتها في التطور العلمي؟ القسط الأكبر من الإجابة على هذا السؤال سبق أن تضمنته الفصول الأولى. ونخص بالذكر أن الفصول السابقة أشارت إلى أن الثورات العلمية مقصود بها هنا سلسلة الأحداث التطورية غير التراكمية، التي يبدل فيها نموذج إرشادي قديم، كليا أو جزئيا، بنموذج إرشادي جديد متعارض معه. ولكن الدراسة لم تستنفد أغراضها بذلك. بل هناك الكثير مما يمكن قوله، ولعل الجانب الهام منه يمكن أن نقدمه من خلال طرح سؤال إضافي: لماذا نسمي التغير في النموذج الإرشادي ثورة؟ وإزاء الفوارق الواسعة والجوهرية بين التطور السياسي وبين التطور العلمي ما هي أوجه التوازي التي يمكن أن تبرر استخدام ذات الاستعارة التشبيهية الدالة على الثورة في كل منهما؟

أحسب أن أحد أوجه هذا التوازي أضحى ظاهرا. فالثورات السياسية تبدأ مع تصاعد

الإحساس الذي يكون في الغالب قاصرا على قطاع من المجتمع السياسي، بأن المؤسسات القديمة لم تعد تفي على نحو ملائم بحل المشكلات التي تفرضها بيئة كانت تلك المؤسسات طرفا في خلقها. وبنفس الطريقة إلى حد كبير تستهل الثورات العلمية بتزايد الإحساس، ونقول ثانية إنه غالبا ما يكون قاصرا على فئة محدودة من المجتمع العلمي، بأن أحد النماذج الإرشادية القائمة قد كف عن أداء دوره بصورة كافية في مجال اكتشاف جانب من الطبيعة سبق أن وجه البحوث الخاصة به هذا النموذج الإرشادي ذاته. ونلاحظ في كل من التطور السياسي والتطور العلمي أن الإحساس بسوء الأداء الذي يمكن أن يفضي إلى أزمة يعد شرطا مسبقا للثورة. علاوة على هذا فإن ذلك التوازي لا يصدق فقط على التحولات الأساسية في النموذج الإرشادي، مثل تلك التحولات المنسوبة إلى كوبرنيكوس أو لافوازييه، بل تصدق أيضاً على أبسط التغيرات المقترنة باستيعاب ظاهرة من نوع جديد مثل الأكسجين أو الأشعة السينية. وكما لاحظنا في ختام الفصل الخامس فإن الثورات العلمية قد لا تبدو ثورية بالضرورة إلا في نظر أولئك الذين تأثرت نماذجهم الإرشادية بها. إذ قد تبدو الثورات في نظر المراقبين من الخارج مثل ثورات البلقان في مطلع القرن العشرين، مراحل عادية للعملية التطورية مثال ذلك أن علماء الفلك لم يجدوا غضاضة في التسليم بالأشعة السينية باعتبارها مجرد إضافة لمعارفهم، ذلك لأن نماذجهم الإرشادية لم تتأثر بالاعتراف بوجود الإشعاع الجديد. ولكن بالنسبة لرجال من أمثال كلفن وكروكسي ورونتجن ممن ارتبطت بحوثهم بنظرية الإشعاع أو بأنابيب الأشعة المهبطية فإن ظهور الأشعة السينية كان خرقا لنموذج إرشادي قائم، وابتداعا لنموذج إرشادي آخر في ذات الوقت. وهذا هو السبب في أن هذه الأشعة لم يكن بالإمكان اكتشافها إلا من خلال وقوع خطأ ما أو مواجهة مشكلة ما أول الأمر في مسيرة البحوث العادية.

ويبدو لي أن هذا الجانب من التناظر بين التطور السياسي والتطور العلمي من حيث نشوء تكوين كل منهما بات واضحا تماما ولا يحتاج إلى مزيد. غير أن هذه المقارنة لها جانب آخر أكثر عمقاً تتوقف عليه أهمية الجانب الأول. فالثورات السياسية تهدف إلى تغيير المؤسسات السياسية بأساليب تحظرها هذه المؤسسات ذاتها. لذا فإن نجاح الثورة يستلزم التخلي

جزئيا عن مجموعة من تلك المؤسسات السياسية لصالح أخرى، وفي هذه الأثناء لا يكون المجتمع محكوما تماما وبالكامل بأي مجموعة من المؤسسات على الإطلاق. ونلحظ في البداية أن الأزمة وحدها هي التي توهن دور المؤسسات السياسية كما سبق أن رأينا كيف وأنها توهن دور النماذج الإرشادية. ومع تزايد عدد أصحاب المصلحة في التغيير يتزايد شعور الأفراد بالغربة يوما بعد يوم عن الحياة السياسية، ويزداد سلوكهم في هذه الحياة انحرافا باطراد عن المركز. ثم بعد أن تستفحل الأزمة وتتفاقم ينحو الكثيرون من هؤلاء الأفراد إلى الالتزام ببعض المقترحات المحددة، أي الالتزام بمشروع محدد لتجديد المجتمع في إطار جديد من المؤسسات. وهنا ينقسم المجتمع إلى معسكرات أو إلى أطراف متنازعة، أحدها يلتمس الدفاع عن مجموع المؤسسات القديمة البالية. بينما يلتمس الآخرون إقامة مؤسسات جديدة. وما أن يحدث هذا الاستقطاب حتى يفشل الأسلوب السياسي في أن يكون هو الملاذ. إذ نظراً لأنهم مختلفون بشأن القواعد أو النموذج الأصلي للمؤسسات الذي ينبغي أن يتم في إطاره التحول السياسي وتقييم هذا التحول، ونظرا لأنهم لا يقرون بوجود إطار أسمى وأرفع قيمة من المؤسسات يمكن الاحتكام إليه بشأن الاختلاف الثوري، هنا يصبح لزاما على أطراف النزاع الثوري أن يلجئوا إلى أساليب وتقنيات تحريض وإقناع الجماهير وهذه تتضمن في الغالب استخدام القوة. وعلى الرغم من أن للثورات دورا حيويا في تطور المؤسسات السياسية إلا أن هذا الدور رهن بكونها جزئيا أحداثا من خارج نطاق السياسة أو من خارج نطاق المؤسسات.

ويهدف الجزء الباقي من هذه الدراسة إلى بيان أن الدراسة التاريخية عن تحول النموذج الإرشادي تكشف عن خصائص متماثلة جدا على مدى تطور العلوم. إن الاختيار بين نماذج إرشادية متنافسة، مثله مثل الاختيار بين مؤسسات سياسية متنافسة، يؤكد أنه اختيار بين أنماط متعارضة للحياة الاجتماعية. ونظرا لأن الاختيار له هذا الطابع فإنه لا يتحدد، ولا يمكن أن يتحدد، فقط على أساس تدابير تقييمية وهي الخاصية المميزة للعلم القياسي. ذلك لأن هذه التدابير تعتمد جزئيا على نموذج إرشادي محدد، فضلا عن أن هذا النموذج هو موضوع الخلاف. وعندما تتمركز النماذج الإرشادية، وهو ما يحدث بالضرورة، في جدال حول اختيار النموذج

الإرشادي، يصبح دورها في المحاجّة دورانيا. إذ أن كل فريق يستخدم نموذجه الإرشادي ليجادل به دفاعا عنه.

وطبيعي أن هذا الاستدلال الدوراني الناتج عن ذلك ليس من شأنه أن يجعل الحجج خاطئة أو حتى عقيمة غير فعالة. فإن من يسلم مقدما بنموذج إرشادي وهو يجادل دفاعا عنه يمكنه على الرغم من ذلك أن يقدم عرضا واضحا لما ستكون عليه الممارسة العلمية بالنسبة لأولئك الذين يتبنون بالنظرة الجديدة عن الطبيعة. ويمكن أن يكون هذا العرض مقنعا للغاية، وغالبا ما يجبر المرء على ذلك. ولكن أياً كانت قوة الحجة الدورانية فإنها بحكم طبيعتها لا يمكن إلا أن تكون حجة مقنعة. أما بالنسبة لأولئك الذين يرفضون دخول الدائرة فإنها لن تجبرهم على الاقتناع لا على المستوى المنطقي ولا حتى على مستوى الاحتمالات. وحين يتعلق الأمر بالجدال بشأن النماذج الإرشادية فإن المقدمات المنطقية والقيم المشتركة بين طرفي الحوار لا تكفي للوصول إلى نتيجة في هذا الشأن. فكما هو الحال في الثورات السياسية، كذلك بالنسبة للاختيار بين النماذج الإرشادية-حيث لا يوجد معيار أسمى من موافقة المجتمع المختص، فهو السلطة الأعلى التي تحسم الاختيار. وحتى نتبين كيف تؤثر الثورات العلمية، نجد لزاما علينا ألا نقصر دراستنا على أثر وفعالية الحجج المستمدة من الطبيعة والمنطق وحدهما بل ينبغي أن تشمل أيضا تقنيات المحاجة المقنعة لما لها من دور مؤثر فعال داخل الجماعات المتخصصة التي يتألف منها مجتمع العلماء.

وإذا شئنا أن نكتشف لماذا هذه المسألة المتعلقة باختيار النموذج الإرشادي لا يمكن حسمها حسما واضحا ومطلقا عن طريق المنطق والتجربة وحدهما، يتعين علينا أن ندرس بإيجاز طبيعة الفوارق التي تمايز بين أنصار نموذج إرشادي تقليدي وبين خلفائهم الثوريين. وهذه الدراسة هي الهدف الرئيسي من هذا الفصل، والفصل الذي يليه. بيد أننا أشرنا فيما سبق إلى أمثلة عديدة من هذه الفوارق، وليس من شك في أن التاريخ يمكن أن يزودنا بكثير غيرها إلا أن الشيء الذي يمكن أن يثير شكا يفوق الشك في وجودها-ومن ثم يتعين النظر فيه أولا-وهو بيان ما إذا كانت هذه الأمثلة توفر لنا معلومات جوهرية عن طبيعة العلم. فإذا سلمنا بأن رفض النموذج الإرشادي واقعا تاريخيا، فهل يكشف لنا هذا الرفض عن شيء آخر أكثر من السذاجة

والخلط الإنسانيين؟ وهل هناك أسباب أصيلة توضح السبب في أن استيعاب ظاهرة من نوع جديد أو نظرية علمية جديدة يستلزم بالضرورة نبذ نموذج إرشادي أقدم؟

الملاحظة الأولى أنه إذا كانت هناك أسباب كهذه، فإنها ليست مستمدة من البنية المنطقية المعرفة العلمية. ونعرف من حيث المبدأ أن ظاهرة جديدة يمكن أن تظهر دون أن تؤثر تأثيراً هداماً على أي قطاع من قطاعات الممارسة العلمية السابقة عليها. إذ على الرغم من أن اكتشاف حياة على سطح القمر قد يكون اليوم حدثاً هداما للنماذج الإرشادية القائمة ويقلبها رأسا على عقب (إذ أن هذه النماذج تحدثنا بأشياء عن القمر تبدو مناقضة لفكرة وجود حياة هناك)، إلا أن اكتشاف حياة على ظهر بعض كواكب المجرة التي نعرف عنها معلومات أقل كثيرا من معلوماتنا عن القمر لن يكون له نفس النتيجة. وقياسا على ذلك فإن ظهور نظرية جديدة لا يستلزم بالضرورة أن تدخل في صراع مع أي نظرية أخرى سابقة عليها. إذ قد تكون قاصرة فقط على معالجة ظواهر غير معروفة من قبل، مثلما تعالج نظرية الكم (وإن تكن لا تقتصر على ذلك بخاصة) للظواهر دون الذرية التي لم تكن معروفة قبل القرن العشرين. أو قد تكون النظرية الجديدة مجرد نظرية أرقى مستوى من تلك النظريات المعروفة لنا قبل ذلك، وإنها تربط في رباط واحد مجموعة كاملة من النظريات الأدنى مستوى دون أن تغير موضوعيا أياً منها. مثال ذلك نظرية بقاء الطاقة التي تقدم اليوم هذا النوع من الرابطة بين الديناميكا والكيمياء والكهرباء والبصريات والنظرية الحرارية وغيرها. ولا تزال هناك علاقات أخرى متساوقة يمكن تصورها تربط بين النظريات القديمة والجديدة. ويمكن أن نتخذ أياً منها، أو جميعها، مثالا للعملية التاريخية التي تطور خلالها العلم. وإذا كان ذلك كذلك فإن التطور العلمي سيكون تراكميا في جوهره. وثمة أنواع جديدة من الظواهر ستكشف عن نظام في جانب من جوانب الطبيعة لم يسبق أن تبينه أحد من قبل. ففي سياق تطور العلم تحل المعرفة الجديدة محل الجهل أكثر مما تحل محل معرفة من نوع آخر مغاير ومناقض.

وطبيعي أن العلم (أو أي مشروع آخر من نفس النوع ولكنه أقل فعالية) كان يمكن له أن يتطور وفق هذه الطريقة التراكمية تماما. وقد اعتقد

كثيرون أنه تطور فعلا على هذا النحو. ولا تزال الغالبية على ما يبدو يفترضون أن التراكم هو على أقل تقدير المثل الأعلى الذي يمكن أن يكشف عنه التطور التاريخي لو لم تفسده في الغالب الأعم الخاصية المزاجية للبشرية. وثمة أسباب هامة لهذا الاعتقاد. وسوف يبين لنا في الفصل العاشر كيف أن فكرة العلم كتطور تراكمي متداخلة جدا مع النظرية السائدة في المعرفة التي ترى أن المعرفة معنى أو بناء ذهني يضفيه العقل مباشرة على المعطيات الحسية الخام. وسوف نعرض قي الفصل الحادي عشر كيف أن هذا المخطط التاريخي تؤثره وتدعمه بقوة تقنيات التربية المعمول بها في مجال تدريب العلوم. ومع هذا وعلى الرغم من المعقولية الكبيرة التي يبدو فيها هذا المثل الأعلى، إلا أن ثمة سببا يدعونا بصورة متزايدة إلى التساؤل عما إذا كان هذا يمكن أن يكون صورة العلم. فبعد ظهور أول نموذج إرشادي، اقتضى استيعاب جميع النظريات الجديدة، وتمثل جل الأنواع الجديدة من الظواهر، التخلي عن نموذج إرشادي سابق وما يترتب على ذلك من صراع بين مدارس الفكر العلمي المتنافسة. وقد تكشف لنا أن التحصيل التراكمي لإبداعات غير مقدرة سلفا يكاد يكون استثناء لا وجود له في ضوء قاعدة التطور العلمي. وأن كل من يراقب الواقع التاريخي مراقبة جادة لابد أن يراوده الشك بأن العلم ينحو نحو المثل الأعلى الذي أوحت به صورتنا عن تطوره التراكمي. ومن هنا نقول ربما كان ذلك مشروعا من نوع آخر.

ومع ذلك إذا استطاعت، أن تحملنا الوقائع المناقضة بعيدا إلى هذا المدى، إذن فإن نظرة ثانية إلى الأفكار التي سبق أن عرضناها يمكن أن توحي بأن الاكتساب التراكمي للإبداعات ليس نادرا فقط في واقع الأمر بل وغير مرجح من حيث المبدأ . إن البحث العادي، وهو بحث تراكمي، مدين بنجاحه لقدرة العلماء على الاختيار المنتظم للمشكلات التي يمكن حلها اعتمادا على التقنيات الذهنية والأداتية الوثيقة الصلة بالتقنيات المعروفة لديهم بالفعل. (وهذا هو السبب في أن الاهتمام بالتصدي، مهما كان الثمن، للمشكلات ذات النفع، بغض النظر عن علاقتها بالمعارف والتقنيات القائمة، يمكن في سهولة ويسر أن يعوق التقدم العلمي). إن رجل العلم الذي يكابد في سبيل حل مشكلة تحددت في ضوء المعارف والتقنيات القائمة ليس،

على الرغم من ذلك، بالباحث الذي يتلفت حوله عشوائيا تقوده المصادفة. إنه يعرف ما يريد أن يحققه، ويصمم أدوات بحثه، ويوجه أفكاره وفق مشيئته المحددة.

أما الجدة غير المقدرة سلفا، أي الاكتشاف الجديد، فلا ينبثق إلا على المدى الذي يثبت عده أن تقديراته المسبقة عن الطبيعة وعن أدواته تقديرات خاطئة. وغالبا ما يكون الاكتشاف الناتج متناسبا مع مدى وعناد حالة الشذوذ التي أذنت به. واضح إذن أنه لابد من قيام صراع بين النموذج الإرشادي الذي يكشف عن وجود حالة شذوذ وبين النموذج الإرشادي الذي يرد حالة الشذوذ إلى حالة متسقة مع القانون. وأن أمثلة الاكتشافات المقترنة بهدم النموذج الإرشادي، وهي الأمثلة التي تناولناها في الفصل السادس لم تكن مجرد أحداث تاريخية عرضية. وليس ثمة طريقة أخرى فعالة يمكن أن تنشأ عنها الاكتشافات.

وتصدق الحجة نفسها، وربما بوضوح أكثر، على ابتكار النظريات الجديدة. فليس هناك من حيث المبدأ سوى ثلاثة أنماط من الظواهر التي يمكن وضع نظرية جديدة عنها. يتألف النمط الأول من ظواهر تم شرحها في ضوء النماذج الإرشادية القائمة، ونادرا ما تهيئ هذه دافعا أو نقطة انطلاق في سبيل بناء نظرية. وحين تفعل هذا، على نحو ما حدث بالنسبة للتقديرات الثلاثة المسبقة الشهيرة التي عرضنا لها في ختام الفصل السابع، فإن النظريات الناتجة عن ذلك نادرا ما تكون مقبولة نظراً لأن الطبيعة لا تعطي أي معيار كأساس للتمايز. ويتألف النمط الثاني من الظواهر التي توضح طبيعتها النماذج الإرشادية القائمة ولكن لا سبيل إلى فهم تفاصيلها إلا من خلال المزيد من أحكام صياغة النظرية. وهذه هي الظواهر التي ينذر العلماء جل وقتهم لبحثها، وتشكل (ميدان البحث الأثير لديهم)، وهذه البحوث تستهدف إحكام صياغة النماذج الإرشادية أكثر مما تعنى بابتكار نماذج إرشادية جديدة. ولكن فقط حين تخفق هذه المحاولات في إحكام الصياغة، هنا يواجه العلماء النمط الثالث من الظواهر، أي حالات الشذوذ المعروفة التي تتميز بخاصية واضحة محددة هي رفضها العنيد لأن تستوعبها النماذج الإرشادية القائمة. وهذا النمط وحده هو الذي تنبثق عنه نظريات جديدة. فالنماذج الإرشادية تهيئ تجميع الظواهر فيما عدا الشاذ منها،

موضعا تحدده النظرية لها في مجال رؤية الإنسان للعالم حوله.

ولكن هب أنه قد استحدثت نظريات جديدة لحل مظاهر الشذوذ الماثلة في العلاقة بين إحدى النظريات القائمة وبين الطبيعة، هنا يتعين على النظرية الجديدة والأكفاء من سواها أن تهيئ بشكل ما إمكانية تنبؤات مختلفة عن تلك التنبؤات المستمدة من سابقتها. ومن هذا الفارق لا يظهر إذا ما كانت النظريتان متسقتين منطقيا. إذ لابد وأن تحل الثانية محل الأولى على مدى عملية الاستيعاب. بل إن نظرية مثل نظرية بقاء الطاقة التي تبدو اليوم بناء فوقيا منطقيا يرتبط بالطبيعة فقط من خلال نظريات ثبتت وتأكدت بصورة مستقلة، تلك النظرية لم تنشأ تاريخيا بغير الإطاحة بنموذج إرشادي. لقد نشأت عن أزمة كان أحد مقوماتها الأساسية ذلك التناقض بين ديناميكا نيوتن وبين بعض النتائج التي صيغت حديثا آنذاك لنظرية السيال الحراري. ولكن لم يتسن لنظرية بقاء الطاقة أن تصبح جزءا من العام إلا بعد رفض نظرية السيال الحراري [1]. ولم يتأت لها كذلك أن تبدو كنظرية من نمط منطقي أرقى، أو نظرية ليست في صراع مع سابقاتها، إلا فقط بعد أن أصبحت جزءا من العلم لفترة من الزمن. وكم هو عسير أن نتبين كيف يمكن للنظريات الجديدة أن تظهر دون حدوث هذه التحولات الهدامة في المعتقدات القائمة عن الطبيعة. إذ على الرغم من إمكانية تصور قيام علاقة اشتمال على المستوى المنطقي بين نظريتين عاميتين متعاقبتين، إلا أن هذه العلاقة بعيدة الاحتمال على المستوى التاريخي.

ومنذ قرن مضى ربما كان ممكنا، فيما أظن، إيقاف البحث في ضرورة الثورات عند هذا الحد. ولكن من أسف أن هذا ليس ممكنا اليوم نظراً لأن الرأي الذي أعرضه هنا ويمثل وجهة نظري لا سبيل إلى الدفاع عنه في ظل المفاهيم الذائعة والتفسيرات السائدة اليوم عن الطبيعة وعن دور النظرية العلمية. فهذه التفسيرات، التي ترتبط ارتباطا وثيقا بالوضعية المنطقية في صورتها الأولى التي لم يرفضها خلفاؤها رفضاً قاطعا، سوف تقيد مدى ومعنى كل نظرية مقبولة بحيث تتعذر إمكانية دخولها في صراع مع أي نظرية تالية تتناول نفس الظواهر الطبيعية وتقدم تنبؤات عنها. وإن أشهر وأوضح مثل لهذا التصور الذهني المقيد والمحدود للنظرية العلمية يظهر في المناقشات الخاصة بالعلاقة بين ديناميكا آينشتين المعاصرة وبين

المعادلات الديناميكية الأقدم المستخلصة من كتاب نيوتن أسس الرياضيات «البرنكيبيا». وحسب وجهة نظرنا التعب نعرضها في هذا الكتاب فإن هاتين النظريتين متناقضتان من حيث الأساس بالمعنى الذي أوضحناه عند الحديث عن علاقة فلك كوبرنيكوس بفلك بطليموس: فنظرية آينشتين لا يمكن قبولها إلا مع التسليم بأن نيوتن كان على خطأ. ولكن هذا الرأي لا يمثل اليوم سوى رأي الأقلية [2]. ولهذا يتعين علينا أن نتناول بالدراسة أكثر الاعتراضات عليها شيوعا.

ويمكن إيجاز لب هذه الاعتراضات على النحو التالي. ما كان بوسع الديناميكا النسبية أن تثبت أن ديناميكا نيوتن خاطئة طالما لا يزال أكثر المهندسين يستخدمون ديناميكا نيوتن بنجاح كبير، كما يستعملها كثيرون من علماء الفيزياء في عدد من الاستخدامات المختارة. علاوة على هذا، فإن بالإمكان إثبات ملاءمة وصلاحية استعمال النظرية الأقدم من خلال النظرية البديلة ذاتها التي حلت محلها. ويمكن استخدام نظرية آينشتين لبيان أن التنبؤات القائمة على أساس معادلات نيوتن ستكون صالحة مثلها مثل أدوات القياس التي نستخدمها في جميع التطبيقات التي تفي بعدد قليل من الشروط المقيدة. مثال ذلك أن نظرية نيوتن إذا كان لها أن تهيئ حلاً تقريبيا جيدا فإن السرعات النسبية للأجسام موضوع الدراسة لابد وأن تكون صغيرة بالمقارنة بسرعة الضوء. والتزاما بهذا الشرط، وبعدد قليل آخر من الشروط تبدو نظرية نيوتن وكأن بالإمكان اشتقاقها من نظرية آينشتين وأنها لذلك حالة خاصة منها.

ويستطرد المعارضون في معارضتهم فيقولون إنه، لا يمكن لأي نظرية أن تدخل في صراع مع إحدى حالاتها الخاصة. إذ لو بدا أن مفاهيم آينشتين تثبت خطأ ديناميكا نيوتن، فسبب ذلك فقط أن بعض أتباع نيوتن كانوا قليلي الحذر في دعواهم أن نظرية نيوتن-حققت نتائج دقيقة دقة مطلقة، أو أنها كانت صحيحة بالنسبة للسرعات النسبية العالية جدا. وحيث أنه لم يبق لديهم البرهان الذي يبنون عليه دعواهم فقد خانوا معايير العلم عندما صرحوا بها. وأن نظرية نيوتن تظل صحيحة بقدر ما كانت دائما نظرية علمية صادقة يدعمها دليل صحيح. ولكن الدعاوى المبالغ فيها فقط عن النظرية-وهي دعاوى مجافية للعلم على طول المدى-

هي التي كشف آينشتين أنها خطأ. ومن ثم فإن نظرية نيوتن بعد أن تمت تنقيتها من هذه المبالغات، وهي مبالغات إنسانية خالصة، لم يعد هناك ما يتحداها ولا يمكن أن يكون.

ولا ريب في أن مثل هذا النهج في المحاجة كاف تماما لكي يجعل من أي نظرية يستخدمها فريق هام من العلماء الأكفاء نظرية منيعة ضد أي هجوم. مثال ذلك أن نظرية الفلوجستون بكل ما انطوت عليه من أضرار أسهمت في تنظيم عدد كبير من الظواهر الفيزيائية والكيميائيه. فقد فسرت لماذا تحترق الأجسام-لأنها غنية بالفلوجستون-ولماذا تحتوي المعادن على خاصيات كثيرة تفوق ما تحتوي عليه خاماتها. ذلك أن المعادن تتركب جميعها من أتربة أولية مختلفة متحدة مع الفلوجستون بينما خاماتها، وهي شيء مشترك بين جميع المعادن، فلها خصائص مشتركة. وفسرت نظرية الفلوجستون عدداً من التفاعلات التي تتكون خلالها أحماض بفعل احتراق مواد مثل الكربون والكبريت. وفسرت أيضا نقص الحجم عندما يحدث الاحتراق داخل حيز مغلق من الهواء-ذلك أن الفلوجستون المنطلق بفعل الاحتراق «يفسد» مرونة الهواء الذي امتصه، تماما مثلما «تفسد» النار مرونة النابض المصنوع من الفولاذ [3]. ولو افترضنا أن هذه هي الظواهر الوحيدة التي زعم أصحاب نظرية الفلوجستون أن نظريتهم تفسرها إذن لما كان بالإمكان أبدا تحدي النظرية. وأن أي أسلوب مماثل في المحاجة قد يكفي للدفاع عن أي نظرية أمكن تطبيقها بنجاح على أي مجموعة من الظواهر.

ولكن الحفاظ على النظريات وإنقاذها بهذه الطريقة يستلزم حصر تطبيقها في نطاق تلك الظواهر بذاتها، والتزامها بدقة المشاهدة وهي شروط اليقين التجريبي الميسورة بين يدي الباحثين[4]. انتقلنا خطوة أبعد من ذلك (وهي خطوة نادرا ما يمكن تجنبها بعد أن نكون قد خطونا الخطوة الأولى) فإن هذا التقييد يحرم على الباحث العلمي الادعاء بأنه يتحدث «علمياً» عن أي ظاهرة لم تشاهد بعد. بل إن التقييد بصورته الحالية يمنع العالم من الركون إلى نظرية في بحوثه المتخصصة متى دخل البحث مجالا أو التمس درجة من الدقة ليس لهما سابقة في الممارسة التطبيقية النظرية في الماضي. وأن حالات التحريم هذه ليست منطلقا بالأمر الاستثنائي بيد أن النتيجة اللازمة عن قبولها سوف تمثل نهاية البحث الذي يمكن من

خلاله أن يمضي العلم قدماً إلى الأمام.

لا تزال هذه النقطة حتى الآن نوعا من تحصيل الحاصل. فبدون الالتزام بنموذج إرشادي لا يمكن أن يكون هناك علم قياسي. علاوة على ذلك، يتعين أن يمتد هذا الالتزام ليشمل مساحات ودرجات من الدقة غير مسبوقة بالكامل. وبدون ذلك لن يقدم النموذج الإرشادي ألغازا لم يسبق حلها. زد على ذلك أن العلم القياسي ليس هو وحده الذي يتوقف وجوده على الالتزام بنموذج إرشادي. فلو أن النظرية القائمة تلزم العالم وتقيده فقط بالتطبيقات المعمول بها. فسوف تنتفي تماما أسباب الدهشة أو الشذوذ أو الأزمات. ولكن هذه هي مجرد المعالم التي تحدد الطريق إلى علم غير مألوف. ولو أننا أخذنا حرفيا القيود الوضعية التي تحدد المجال المشروع لتطبيق نظرية ما، إذن لتوقف عن العمل بالضرورة الميكانيزم الذي يبلغ المجتمع العلمي بماهية المشكلات التي يمكن أن تقود إلى تغيرات أساسية. وفي هذه الحالة، سيعود المجتمع العلمي حتما إلى وضع شديد الشبه بوضعه قبل ظهور النموذج الإرشادي. وهو وضع يمارس فيه كل الأعضاء العلم ولكن حاصل إنتاجهم يكاد لا ينتسب إلى العلم في شيء على الإطلاق. وبعد، فهل هناك في الحقيقة ما يدعو للدهشة والتساؤل لأن ثمن التقدم العلمي الهام هو الالتزام الذي يخاطر بالوقع في الخطأ؟

والأهم من ذلك أن الحجة الوضعية تنطوي على ثغرة منطقية، وهي فرصة ستقودنا مباشرة مرة ثانية إلى طبيعة التغير الثوري. هل يمكن حقاً اشتقاق ديناميكا نيوتن من الديناميكا النسبية؟ ماذا عسى أن يكون شكل هذا الاشتقاق؟ لنتخيل معا مجموعة من القضايا $E_1$ , ..........$E_2$...........$E_n$ التي تجسد معا قضايا نظرية النسبية. وتشتمل هذه القضايا على متغيرات ومعالم تمثل الوضع المكاني والزمان وكتلة السكون... الخ ويمكن أن نستنتج منها بناء على ما توفره لنا أداة المنطق والرياضيات مجموعة كاملة من القضايا الأخرى من بينها بعض القضايا التي يمكن مراجعتها والتأكد منها بالمشاهدة. وحتى نثبت صواب ديناميكا نيوتن كحالة خاصة يجب أن نضيف إلى مجموعة $E_1$ إضافية مثل $(V/C)^2 << 1$ التي تقيد نطاق المعالم والمتغيرات. وبعد ذلك تجرى معالجة هذه المجموعة الموسعة من القضايا بحيث تنتج لنا مجموعة جديدة

N1............N2............Nm التي تطابق من حيث الشكل قوانين نيوتن عن الحركة وقانون الجاذبية وما إلى ذلك. ويبدو في الظاهر أن ديناميكا نيوتن مشتقة من ديناميكا آينشتين في حدود شروط قليلة.

ومع هذا فإن الاشتقاق هنا زائف ومثير للريبة على الأقل بالنسبة لهذه النقطة: إذ على الرغم من أن N1 حالة خاصة من حالات قوانين الميكانيكا النسبية إلا أنها ليست قوانين نيوتن. أو أنها قوانين نيوتن وقد أعيد تأويلها على نحو لم يكن بالإمكان تصوره قبل أعمال آينشتين. ذات أن المتغيرات والمحددات الموجودة في مجموعة E1 لآينشتين التي تمثل الوضع المكاني والزمن والكتلة... الخ لا تزال قائمة في مجموعة N1 وهي تمثل هنا المكان والزمن والكتلة حسب نظرة آينشتين. ولكن الحقائق الفيزيقية التي ترتكز عليها هذه المفاهيم عند آينشتين ليست متطابقة بحال من الأحوال مع الحقائق الفيزيقية لمفاهيم نيوتن التي تحمل نفس الأسماء (فالكتلة عند نيوتن باقية، وهي عند آينشتين قابلة للتحول إلى طاقة. ولا يمكن قياس الاثنين بطريقة واحدة في السرعات البطيئة نسبيا، بل وحتى هنا يتعين عدم تصورهما على أنهما شيء واحد). فنحن ما لم نعدل تعريفات المتغيرات في مجموعة N1 فلن تكون القضايا الخبرية المشتقة قضايا نيوتونية. وإذا عدلناها فلن يكون بالإمكان أن نقول عن حق أننا اشتققنا قوانين نيوتن أوليس من الصواب أن نقول ذلك على الأقل بأي معنى من معاني «الاشتقاق» كما نفهمه الآن. ولقد أبانت دراستنا بوضوحI لماذا بدت قوانين نيوتن سارية المفعول في لحظة بذاتها، وهي بذلك كأنما تبرر، على سبيل المثال قولنا إن سائق السيارة حين يسوق سيارته فكأنما يعيش في عالم نيوتن. واستخدمت حجة مماثلة لتبرير تدريس الفلك القائم على نظرية محورية الأرض لدارسي علم المساحة. بيد أن الحجة لم تنجح في بلوغ هدفها. إنها لم تبين أن قوانين نيوتن حالة محدودة بالقياس إلى قوانين آينشتين. ذلك لأنه عند تجاوز هذا الحد لن يكون التغير قاصرا فقط على شكل القوانين. إذ سنضطر في ذات الوقت إلى أن نغير العناصر البنيوية الأساسية التي يتألف منها الكون الذي ستطبق عليه هذه القوانين.

وإن هذه الحاجة إلى تغيير معنى المفاهيم المستقرة والمألوفة كان لها دور محوري فيما يتعلق بالصدمة الثورية التي أحدثتها نظرية آينشتين.

وعلى الرغم من أن هذا التغير اتسم بأنه أكثر دقة من التغير من نظرية مركزية الأرض إلى نظرية مركزية الشمس، ومن التغير من نظرية الفلوجستون إلى نظرية الأكسجين، أو التغير من نظرية الجسيمات إلى نظرية الموجات، إلا أن التحول المفاهيمي الناتج عن ذلك ليس دون هذه من حيث الأثر التدميري الحاسم النموذج الإرشادي الذي استقر في السابق. وقد يصل بنا الأمر إلى حد النظر إليه باعتباره نموذجا لعمليات تغيير التوجيه الثوري في الحياة العلمية. ولكن نظرا لأن الانتقال من ميكانيكا نيوتن إلى ميكانيكا آينشتين لم ينطو على إدخال أهداف أو مفاهيم إضافية، فإن الانتقال لهذا السبب وحده، يبين بوضوح لا مثيل له الثورة العلمية باعتبارها تغييرا وإبدالا لشبكة المفاهيم التي يرى العلماء العالم من خلالها.

لعل هذه الملاحظات تكفي لبيان ما كان يمكن أن يؤخذ مأخذ التسليم في مناخ فلسفي مغاير. فإن غالبية الفوارق الظاهرية بين نظرية علمية مرفوضة وبين نظرية بديلة تحل محلها، إنما هي فوارق حقيقية على الأقل بالنسبة للعلماء. وعلى الرغم من أن بالإمكان دائما النظر إلى أي نظرية بالية باعتبارها حالة خاصة للنظرية الحديثة التي خلفتها، إلا أنها لابد وأن تتحول في اتجاه الوفاء بهذا الغرض. والسبيل الوحيد إلى هذا التحول هو الإفادة بمزايا النظرة الاسترجاعية للأحداث، أي الالتزام بالتوجيه الواضح والمحدد للنظرية الأحدث. علاوة على هذا، فإنه حتى مع افتراض أن ذلك التحول وسيلة مشروعة لاستخدامه في تأويل النظرية الأقدم، فإن النتيجة اللازمة عن تطبيقه هو تقييد النظرية للغاية بحيث لا يمكنها إلا أن تكرر ما كان معروفا من قبل. ونظرا لما تتسم به عملية التكرار هذه من اقتصاد فإن لها نفعها، ولكنها لا تكفي لتوجيه البحث.

لذا فلنأخذ الآن مأخذ التسليم القول بأن الفوارق بين النماذج الإرشادية المتعاقبة هي فوارق ضرورية، ولا يمكن التوفيق بينها. هل يمكن لنا عندئذ أن نحدد بوضوح أكثر ما هي أنواع الفوارق تلك؟ سبق أن عرضنا مرارا أمثلة النوع الأكثر غلبة وشيوعا. فالنماذج الإرشادية المتعاقبة تحكي لنا أشياء مختلفة عن سكان العالم وعن سلوكهم. إنها تختلف فيما بينما بشأن مسائل مثل وجود جزئيات دون الذرة، ومادية الضوء، وبقاء الحرارة أو الطاقة. هذه هي الفوارق الموضوعية بين النماذج الإرشادية المتعاقبة، ولا

حاجة إلى المزيد من الأمثلة للتوضيح. غير أن النماذج الإرشادية لا تختلف فيما بينها من حيث موضوعها فقط بل تختلف فيما هو أكثر من ذلك لأنها ليست موجهة فقط إلى الطبيعة بل موجهة أيضا في اتجاه عكسي إلى العلم الذي أنتجها. إنها مصدر مناهج البحث وميدان المشكلات موضوع البحث ومصدر معايير الحل التي تقبلها أي جماعة علمية ناضجة في فترة زمنية بعينها. ونتيجة لذلك فإن تلقي نموذج إرشادي جديد غالبا ما يستلزم إعادة تحديد العلم المطابق له. ذلك أن بعض المشكلات القديمة قد تحال إلى علم آخر، أو يعلن أنها «غير علمية» البتة. كما وأن مشكلات أخرى كانت غير موجودة أو كانت تعتبر مشكلات مبتذلة في السابق يمكن أن تصبح في ضوء نموذج إرشادي جديد الطراز البدائي أو البراعم الأولية لإنجاز علمي هام. ومع تغير المشكلات يتغير كذلك في الغالب الأعم المعيار الذي يميز حلا علميا حقيقيا عن تأمل ميتافيزيقي أو عن تلاعب بالألفاظ أو لهو بعمليات رياضية. إن التقليد العلمي القياسي الذي ينبثق عن ثورة علمية لا يتعارض فحسب مع التقليد الذي ولى ومضى، بل إنه على الغالب يختلف عنه في وحدات القياس.

إن الصدمة التي أحدثتها أبحاث نيوتن لتقاليد الممارسة العلمية العادية في القرن السابع عشر تقدم لنا مثالا مذهلا لهذه النتائج الدقيقة المترتبة على الانتقال من نموذج إرشادي إلى آخر. فقبل أن يولد نيوتن كان «العلم الجديد» لهذا القرن قد نجح أخيرا في نبذ التفسيرات الأوسطية والمدرسية «الأسكولائية» التي تعبر عن نفسها في ضوء مصطلحات عن «ماهية» الأجسام المادية. فعبارة مثل قولنا إن الحجر يسقط لأن «طبيعته» دفعته صوب مركز الكون بدت تحصيل حاصل وتلاعبا بالكلمات. وهو ما لم يحدث في السابق. وأصبح كل تيار الظواهر الحسية مثل اللون والمذاق بل والوزن يجري تفسيرها من الآن فصاعدا في ضوء حجم وشكل ووضع وحركة الجسميات الأولية للمادة الأساسية. وكان وصف الذرات الأولية بأوصاف أخرى غير هذه عود إلى السحر والتنجيم، ومن ثم خروج عن حدود العلم. وكم كان موليير دقيقا في فهم الروح الجديدة عندما سخر من الطبيب الذي شخص أثر الأفيون كمنوم بقوله إنه منوم لأن له تأثيرا منوما. ولوحظ على مدى النصف الأخير من القرن السابع عشر أن أكثر العلماء

كانوا يؤثرون القول بأن الشكل المستدير لجزئيات الأفيون هو الذي يعطيه القدرة على تسكين الأعصاب التي يسري فيها [5].

وقبل ذلك كانت التفسيرات في ضوء السحر والتنجيم جزءا متكاملا مع الجهد الحلمي الخصب. ومع هذا فإن الالتزام الجديد في القرن السابع عشر بالتفسير الميكانيكي-الجسيمي قد أثبت أنه مثمر وخصب للغاية بالنسبة لعدد من العلوم إذ خلصها من مشكلات استعصت على الحل المقبول بوجه عام وأوحى بمشكلات أخرى بديلة عنها. ففي الديناميكا على سبيل المثال نجد قوانين نيوتن الثلاثة عن الحركة هي نتاج محاولة لإعادة تفسير مشاهدات مشهورة في ضوء حركات وتفاعلات الجسيمات الأولية المحايدة أكثر منها نتائج لتجارب جديدة. ولنتدبر معا مثالا واحدا ملموسا. فنظرا لأن الجسيمات المحايدة لا يمكن أن تؤثر في بعضها بعضا إلا عن طريق التلامس فقط فإن النظرة الميكانيكية-الجسيمية إلى الطبيعة قد وجهت انتباه العلماء إلى موضوع للدراسة جديد جدا وهو تغير حرصت الجسيمات بفعل التصادم. وقد طرح ديكارت المشكلة وقدم أول حل مفترض لها. وخط بها كل من هيجنز وفرين ووااليس خطوة أخرى إلى الأمام، تمثلت جزئيا في التجارب على كرات البندول حين تتصادم، وإن تمثلت غالبية التجارب في تطبيق خصائص الحركة المعروفة سابقا على المشكلة الجديدة. وضمن نيوتن نتائجهم في قوانينه عن الحركة. وإن «الفعل» و «رد الفعل» المتكافئين في القانون الثالث للحركة هي التحولات في كم الحركة الناجمة عن اصطدام الطرفين. وزودنا نفس التغير في الحركة بتحديد للقوة الدينامية المتضمنة في القانون الثاني. وفي هذه الحالة، كما في حالات أخرى كثيرة على مدى القرن السابع عشر، تولدت عن النموذج الإرشادي الجسيمي مشكلة جديدة وكذا الجزء الأكبر من حل تلك المشكلة [6].

ومع هذا، فعلى الرغم من أن القسط الأكبر من أعمال نيوتن استهدف حل مشكلات مشتقة من النظرية الميكانيكية الجسيمية عن العالم مع التقيد بمعايير هذه النظرية، إلا أن النموذج الإرشادي الناجم عن جهوده تلك أحدث مزيدا من التغيرات (وهي تغيرات هدامة جزئيا) في المشكلات والمعايير التي كانت تراها الأوساط العلمية آنذاك مشروعة وصحيحة. والجاذبية التي جرى تفسيرها على أنها تجاذب فطري بين كل زوجين من

جزئيات المادة، كانت صفة غيبية تماما بنفس المعنى الذي تحدث به المدرسيون عن «الميل إلى السقوط». ولهذا فبينما بقيت معايير النظرية الجسيمية سارية المفعول، كان البحث عن تفسير ميكانيكي للجاذبية واحدا من أهم المشكلات التي تتحدى أولئك الذين ارتضوا كتاب أسس الرياضيات «البرنكيبيا» نموذجا إرشاديا لهم. ولقد نذر نيوتن القسط الأكبر من اهتمامه لهذه المشكلة وكذلك فعل كثيرون من خلفائه من أبناء القرن الثامن عشر. وكان الخيار الوحيد البادي للعيان هو رفض نظرية نيوتن لفشلها في تفسير الجاذبية، وكان هذا هو البديل الذي حظي بالقبول على نطاق واسع. بيد أن أيا من هاتين النظريتين لم تفز في النهاية، وبات العلماء، عاجزين عن ممارسة العلم بدون كتاب أسس الرياضيات «البرنكيبيا»، وعاجزين أيضا عن التوفيق بين هذا العمل وبين معايير النظرة الجسيمية السائدة في القرن السابع عشر، ومن ثم قبلوا تدريجيا الرأي القائل أن الجاذبية حدث فطري في حقيقته. وفي نصف القرن الثامن عشر أصبح هذا التفسير مقبولا بصورة عامة تقريبا، والنتيجة ردة أصيلة (وهي ليست بمعنى التراجع) إلى معيار مدرسي «أسكولائي». فقد أضحت حالتا التجاذب والتنافر الفطريتين شأنهما شأن الحجم والشكل والوضع والحركة خصائص فيزيقية أولية للمادة لا يمكن ردها إلى ما هو أبسط منها [7].

ومرة أخرى انطوت التغيرات في معايير ومجال بحث علم الفيزياء على نتائج ذات شأن كبير. فحتى خمسينات القرن الثامن عشر كان «الكهربائيون» على سبيل المثال بوسعهم التحدث عن «فضيلة» الجذب في السيال الكهربي دون أن يستثيروا السخرية على نحو ما حدث مع طبيب موليير منذ قرن مضى. وحين فعلوا ذلك بدأت دراستهم تكشف أكثر فأكثر عن نظام في الظواهر الكهربائية غير النظام الذي تبدى عندما أظهروه كأنه نتائج أو آثار تيار ميكانيكي غير مرئي لا يؤثر إلا من خلال التلامس المباشر. والجدير بالذكر هنا أنه عندما أصبح التأثير الكهربي عن بعد موضوعا للدراسة عرف الباحثون الظاهرة التي نسميها نحن الآن الشحن عن طريق التأثير، ولكنهم قالوا إنها إحدى نتائج التأثير الكهربي عن بعد. وكانت هذه الظاهرة في السابق إما أن تمضي دون أن يشاهدها أحد، وينسبونها إذا ما شاهدوها إلى التأثير المباشر «للأجواء» الكهربية أو إلى حالات من التسرب الحتمي

داخل أي محمل كهرباء. وكانت هذه النظرة الجديدة إلى نتائج الشحن بالتأثير هي بدورها مفتاح دراسة فرانكلين التحليلية لوعاء ليدن، ومن ثم كانت أيضا أساسا لظهورنموذج إرشادي جديد للكهرباء على غرار النموذج الإرشادي النيوتوني. ولم تكن الديناميكا والكهرباء هما المجالين الوحيدين اللذين تأثرا بمشروعية البحث عن القوى الفطرية في المادة. فإن القسط الأكبر من أدبيات العلوم في القرن الثامن عشر والمتعلقة بدراسة ظواهر الألفة الكيميائية والسلسلة التكميلية إنها نجم أيضا عن هذا الجانب فوق الميكانيكي من مذهب نيوتن. والمعروف أن الكيميائيين الذين كانوا يؤمنون بهذه التجاذبات الفارقة بين الأنواع الكيميائية المتباينة أجروا في السابق تجارب لم يكن ليتصورها أحد حتى ذلك الحين، وجاهدوا في البحث عن أنواع جديدة من التفاعلات. وبدون المعارف والمفاهيم الكيميائية التي تولدت عن هذه الأعمال ما كان بالإمكان أن تتم أعمال لافوازييه الأخيرة ولا كذلك، وبشكل أكثر خصوصية أعمال دالتون [8]. ذلك أن التغيرات التي تطرأ على المعايير المنظمة للمشكلات والمفاهيم والتفسيرات المقبولة يمكن أن تؤدي إلى تحول العلم. وسوف أبين في الفصل التالي على أي نحو يمكن أن تحدث هذه التغييرات تحولا في العالم حولنا.

وإن بالإمكان أن نسترجع من تاريخ أي علم وفي أي مرحلة تقريبا من مراحل تطوره أمثلة أخرى لهذه الفوارق الشكلية بين النماذج الإرشادية المتعاقبة. ولكن لنقنع الآن بذكر مثالين آخرين فقط أكثر إيجازا. فقبل الثورة الكيميائية كانت إحدى المهام المعترف بها للكيمياء هي تفسير صفات للمواد الكيميائية والتغيرات التي تطرأ على هذه الصفات خلال التفاعلات الكيميائية. وكان على الكيميائي، مستعينا بعدد قليل من «المبادئ» الأولية- أحدها الفلوجستون-أن يفسر لماذا بعض المواد تكون حامضية وأخرى معدنية وغيرها قابل للاحتراق وما إلى ذلك. وأمكن إحراز بعض النجاح في هذا الاتجاه. وسبق أن أشرنا إلى أن الكيميائيين فسروا على أساس الفلوجستون لماذا تشابهت المعادن كثيرا، وهو ما يصدق أيضا على الأحماض. غير أن الإصلاح الذي أدخله لافوازييه أطاح في النهاية بما يسمى «المبادئ» الكيميائية، وانتهى الأمر بأن جرد الكيمياء من بعض القدرة الفعلية، ومن كثير من القدرة المحتملة على التفسير. فاحتاج الأمر إلى تغيير في المعايير

يعوض عن هذه الخسارة والجدير بالذكر أنه على مدى فترة طويلة من القرن التاسع عشر أخفق الباحثون في تفسير صفات المركبات الكيميائية، ولكن لم يعد ذلك اتهاما للنظرية الكيميائية [9].

مثال آخر: خلال القرن التاسع عشر شارك كلارك ماكسويل آخرين من أنصار النظرية الموجية عن الضوء اعتقادهم بأن موجات الضوء لابد وأنها تنتشر عبر وسط أثيري مادي. وكان تصور وسط ميكانيكي يحمل هذا الموجات هو المشكلة القياسية التي تجابه الكثيرين من أعلام عصره، غير أن نظريته هو، وهي النظرية الكهرومغنطيسية عن الضوء، لم تقدم على الإطلاق أي تفسير عن وسط قادر على حمل موجات الضوء. ووضح أنها جعلت هذا التفسير أصعب مما بدا سابقا، ولهذا السبب كان مصير نظرية ماكسويل في البداية الرفض على نطاق واسع. ولكن ماكسويل، شأن نيوتن، أثبت أن من الصعب الاستغناء عنها. ونظرا لأنها احتلت مكانة نموذج إرشادي فقد تغير موقف المجتمع العلمي منها. وعلى مدى العقود الأولى من القرن العشرين صار إصرار ماكسويل على وجود الأثير الميكانيكي يبدو أشبه بادعاء شكلي أجوف، وهو ما يخالف الحقيقة، وتخلى الباحثون عن محاولات وضع تصور لما يسمى الوسط الأثيري. ولم يعد العلماء يرون في التحدث عن إزاحة كهربائية دون تحديد ما الذي سيزاح ليحل محله سواه أمرا يتنافى مع العلم. ومرة أخرى كانت النتيجة تحديد مجموعة جديدة من المشكلات والمعايير، وهو ما كان له دور كبير، بعد ذلك، في ظهور نظرية النسبية [10].

وأن هذه التحولات المميزة التي طرأت على تصورات المجتمع العلمي لمشكلاته ومعاييره المشروعة كان يمكن أن تكون أقل شأنا بالنسبة لوجهة النظر التي نعرضها في دراستنا هذه لو أمكن افتراض أنها كانت تحدث دائما في اتجاه صاعد على المستوى المنهجي للبحث. ففي هذه الحالة سوف تبدو نتائجها تراكمية أيضا. ولا غرابة في أن بعض المؤرخين جادلوا مؤكدين أن تاريخ العلم يسجل زيادة مطردة في نضج وصقل مفهوم الإنسان عن طبيعة العلم [11]. ومع هذا فإن الدفاع عن فكرة التطور التراكمي لمشكلات الحلم ومعاييره أشد صعوبة من الدفاع عن مسألة تراكم النظريات. فإن الجهود التي نذرها العلماء لتفسير الجاذبية، وإن كانوا قد أصابوا حين

تخلى غالبيتهم عنها في القرن الثامن عشر، لم تكن تستهدف الدفاع عن مشكلة غير مشروعة بطبيعتها. فالاعتراضات على «القوى الفطرية» لم تكن غير علمية بطبيعتها، ولا ميتافيزيقية بأي معنى ازدرائي. وليست هناك معايير خارجية تسمح بإصدار حكم من هذا النوع، وما حدث لم يكن حطّا بالمعايير ولا ارتقاء بها، بل فقط تحولا اقتضاه الالتزام بنموذج إرشادي جديد. علاوة على هذا فإن هذا التحول قد انقلب إلى الضد منذ ذلك الحين ويمكن أن يعود. ولقد نجح آينشتين في القرن العشرين في تفسير ظواهر التجاذب التثاقلي وقاد هذا التفسير العلم إلى مجموعة من القواعد والمبادئ والمشكلات هي في هذا السياق تحديدا أشبه بقواعد ومشكلات العلماء السابقين على نيوتن منها بمن جاءوا بعده. مثال آخر: إن استحداث ميكانيكا الكم قد عكس اتجاه الحظر المنهجي الذي نشأ بداية مع الثورة الكيميائية. ويحاول الكيميائيون الآن، وبنجاح كبير، تفسير اللون، وحالة التراكم وغير ذلك من صفات المواد التي يستخدمونها وينتجونها في معاملهم. وربما تشهد النظرية الكهرومغناطيسية اتجاها عكسيا مماثلا. ولم يعد الفضاء في الفيزياء المعاصرة الأساس الخامل والمتجانس على نحو ما كان في نظرية كل من نيوتن وماكسويل. وأن بعض خصائصه الجديدة ليست مغايرة لتلك الخصائص التي كان يوصف بها الأثير. وربما يأتي يوم نعرف فيه ماهية الإزاحة الكهربائية.

وحين ننقل التركيز من الوظائف المعرفية إلى الوظائف المعيارية للنماذج الإرشادية فإن الأمثلة السابقة سوف تساعدنا على أن نفهم بصورة أفضل كيف تصوغ النماذج الإرشادية صورة الحياة العلمية. لقد عنينا في السابق أساسا بدراسة دور النموذج الإرشادي كأداة للنظرية العلمية. وللقيام بهذا الدور يقوم النموذج الإرشادي بدوره من خلال إفادة العلماء عما تشتمل وما لا تشتمل عليه البيعة من كيانات، وعن كيفية سلوك هذه الكيانات. وتعطي هذه المعلومات خريطة توضح تفاصيلها البحوث العلمية المتقدمة. ونظرا لأن الطبيعة شديدة التعقيد والتباين بحيث يستعصي استكشافها عشوائيا فإن هذه الخريطة تبدو حيوية شأنها شأن الملاحظة والتجربة ضمانا لاطراد تطور العلم. وتظهر النماذج الإرشادية من خلال النظريات التي تجسدها في صورة مقوم أساسي للنشاط البحثي. بيد أنها مقوم أساسي أيضا للعلم

في مجالات أخرى، وهذه المجالات هي موضوعنا الآن. ونخص بالذكر هنا الأمثلة التي استشهدنا بها أخيرا إذ تبين لنا أن النماذج الإرشادية لا تزود العلماء بخريطة فقط بل أيضا ببعض التوجيهات اللازمة لوضع الخريطة. فحين يدرس رجل العلم نموذجا إرشاديا إنما يكتسب في الوقت ذاته النظرية ومناهج البحث والمعايير ويتعلمها عادة كمزيج متشابك. ولهذا فإن النماذج الإرشادية حين تتغير تحدث عادة تحولات هامة في المعايير التي تحدد مشروعية كل من المشكلات والحلول المقترحة.

هذه الملاحظة تعود بنا إلى النقطة التي بدأتها هذا الفصل، إذ تمثل أول إشارة صريحة منا إلى السبب في أن الاختيار بين النماذج الإرشادية المتنافسة يثير عادة أسئلة لا يمكن حلها بمعايير العلم القياسي. وبقدر ما تختلف هاتان المدرستان العمليتان بشأن ماهية المشكلة وماهية الحل فإنهما حتما سيدخلان معا في حوار طرشان عند مناقشة الميزات النسبية للنموذج الإرشادي الخاص بكل منهما. ويبين من خلال الحوار الشبيه بالدائرة الخبيثة التي تترتب على ذلك عادة، أن كل نموذج إرشادي سيعرضه أصحابه على نحو يفي بدرجة أو بأخرى بالمعايير التي يحددها لنفسه، ويقصر عن الوفاء ببعض المعايير التي يحددها الخصم. وهناك أسباب أخرى أيضا لنقص التواصل المنطقي الذي يتسم به دائما الحوار بشأن النماذج الإرشادية. مثل ذلك أنه نظرا لأنه لا يوجد نموذج إرشادي يحل دائما جميع المشكلات التي يحددها، ونظرا لأن أي نموذجين إرشاديين لا يتركان جميع المشكلات ذاتها بدون حل، لذا فإن الحوار بشأن النماذج الإرشادية يطرح دائما السؤال التالي: أي المشكلات حلها أهم من سواها؟ وكما هو الحال في موضوع المعايير المتنافسة، كذلك فإن هذا السؤال عن القيم لا يمكن الإجابة عليه إلا في ضوء المعايير الكائنة خارج العلم القياسي. وإن هذه العودة إلى المعايير الخارجية هي التي تسبغ على الحوار بشأن النماذج الإرشادية طابعها الثوري الواضح. ولكن ثمة شيء ربما يكون أكثر أساسية من المعايير والقيم وله دور في هذه العملية أيضا. لقد قنعت حتى الآن بالتأكيد على أن النماذج الإرشادية مقوم أساسي في بناء العلم. وأود الآن أن أوضح بأي معنى تكون النماذج الإرشادية مقوما أساسيا للطبيعة بالمثل.

# 15 الثورات باعتبارها تحول في النظرة إلى العالم

إذا تأمل مؤرخ العلم سجل بحوث الماضي من زاوية مبادئ ومناهج التاريخ المعاصر فقد لا يملك إلا أن يهتف قائلا: «آه، عندما تتغير النماذج الإرشادية يتغير معها العالم ذاته. وانقيادا للنماذج الإرشادية الجديدة يتبنى العلماء أدوات جديدة، ويتطلعون بأبصارهم صوب اتجاهات جديدة. بل وأهم من ذلك أن العلماء إبان الثورات يرون أشياء جديدة ومغايرة عندما ينظرون من خلال أجهزتهم التقليدية إلى الأماكن التي اعتادوا النظر إليها وتفحصها قبل ذلك. ويبدو الأمر وكأن الجماعة العلمية المتخصصة قد انتقلت فجأة إلى كوكب آخر حيث تبدو الموضوعات التقليدية في ضوء مغاير وقد ارتبطت في الوقت ذاته بموضوعات أخرى غير مألوفة. وطبعا أن شيئا من هذا لم يحدث: فلم يقع تغير أو تبديل في المواقع الجغرافية، وكل شيء من شئون الحياة العادية يجرى كعادته خارج المعمل على نحو ما كان تماما. ومع هذا فإن التحولات التي طرأت على النماذج الإرشادية تجعل العلماء بالفعل يرون العالم الخاص بموضوع بحثهم

في صورة مغايرة. وطالما أن تعاملهم مع هذا العالم لا يكون إلا من خلال ما يرونه ويفعلونه، فقد تحدونا رغبة في القول بأنه عقب حدوث ثورة علمية يجد العلماء أنفسهم يستجيبون لعالم مغاير.

إن هذه التحولات في عالم الباحث العلمي أشبه بتحولات النماذج الأولية في البراهين المعروفة عند علماء الجشطلت الخاصة بتحول الصور الكلية البصرية لإثبات أنها غنية بإيحاءاتها-فإن ما كان يبدو لرجل العلم قبل الثورة في صورة بط أصبح يبدو له في صورة أرانب بعد ذلك. وإن ما كان يراه على أنه السطح الخارجي للصندوق حين ينظر إليه من أعلى بدا له وكأنه سطحه الداخلي حين نظر إليه من أسفل. وهذه التحولات، وإن كانت تجرى عادة على نحو تدريجي للغاية، وفي اتجاه واحد تقريبا، إلا أنها أحداث ملازمة كما هو شائع لعملية التربية العلمية. فالطالب حين ينظر إلى خريطة مناسيب تبين المحيط العام للشكل إنما يرى خطوطا على الورق، بينما يبصر المتخصص في رسم الخرائط صورة أرض ذات تضاريس. وإذا نظر الطالب إلى صورة حجرة الفقاعات فإنه يبصر خطوطا مختلطة ومتكسرة، بينما يرى فيها عالم الفيزياء سجلا لأحداث نويات جزئية مألوفة لديه. ولكن الطالب لا يغدو مواطنا من أبناء العالم الخاص بالباحث العلمي إلا بعد عدد من هذه التحولات في الرؤية يرى في بعضها ما يراه الباحث العلمي المتمرس، ويستجيب إليه على نحو ما يستجيب هذا الباحث. بيد أن العالم أو الدنيا التي يدخلها الطالب حينئذ ليست، على الرغم من هذا، عالما ثابتا على نحو نهائي بحكم طبيعة البيئة، من ناحية، وبحكم طبيعة العلم ذاته من ناحية أخرى. بل إن الأمر تحدده معا البيئة والتراث العلمي القياسي الخاص الذي تدرب الطالب على الالتزام به. ولهذا فإنه في أوقات الثورات، وعندما تتغير تقاليد العلم القياسي، لا بد أن يتدرب الباحث العلمي من جديد على رؤية بيئته أو العالم من حوله-ففي بعض المواقف المألوفة يتعين عليه أن يتعلم و أن يرى صورة كلية جديدة. وبعد أن يفعل ذلك سوف يبدو له عالم بحثه، في مواضع عديدة غير قياسي، أبدا مع العالم الذي ألفه وأعده قبل ذلك. وهذا سبب آخر يجعل المدارس التي تسترشد بنماذج إرشادية متباينة تقف دائما إزاء أهداف فيها بعض التعارض.

وطبعا أن تجارب الصورة الكلية الجشطلت في صيغتها المألوفة جدا

تصور فقط طبيعة التحولات الإدراكية الحسية. وهي لا تفيدنا بشيء عن دور النماذج الإرشادية، أو عن الخبرة التي سبق تمثلها خلال عملية الإدراك الحسي. بيد أن لدينا فيما يختص بهذه النقطة قدرا كبيرا وخصبا من الدراسات النفسية، أكثرها مستمد من العمل الرائد الذي قدمه معهد هانوفر. فالمفحوص الذي يضع على عينيه أثناء التجربة منظارا مجهزا بعدستين عاكستين أو قالبتين للصور، يرى العالم في البداية وكأنه مقلوب رأسا على عقب، أعلاه أسفله. ويعمل جهازه الإدراكي الحسي في أول الأمر وفقا للأسلوب الذي تدرب على العمل به بدون هذا المنظار العاكس، والنتيجة اللازمة عن ذلك حالة تشوش شديدة للغاية مع الشعور بأزمة شخصية حادة. ولكن بعد أن يبدأ المفحوص في تعلم كيفية التأقلم مع عالمه الجديد حتى ينقلب كل مجاله البصري رأسا على عقب، ويحدث ذلك عادة بعد فترة تكون خلالها الرؤية البصرية مشوشة. ثم بعد ذلك يرى الأشياء مثلما كانت قبل وضع المنظار على عينيه. معنى هذا أنه تمت الاستجابة لعملية استيعاب مجال بصري كان يبدو قبل ذلك في صورة شاذة ومقلوبة، وأن المجال ذاته قد تحول [1]. وهكذا يمكن القول حرفيا، وعلى سبيل المجاز أيضا، أن المرء قد تآلف أو تكيف مع العدسات العاكسة وحدث له تحول ثوري في الرؤية البصرية.

وحدث أن مر بتحول مماثل تماما المفحوصون الذين أجريت عليهم تجربة لعبة شاذة من ألعاب الورق وهي التجربة التي عرضناها في الفصل السادس. فقد ظل المفحوصون لا يرون سوى أوراق اللعب التي هيأتهم لها خبرتهم السابقة إلى أن تعلموا عن طريق العرض طويل المدى أن الكون يضم أوراق لعب شاذة. وما أن هيأت لهم خطط واحدة الفئات الإضافية اللازمة حتى أصبح في مقدورهم رؤية جميع أوراق اللعب الشاذة عند عرضها عليهم لأول مرة لفترة كافية تسمح بعملية التعرف. وهناك تجارب أخرى تؤكد أن ما يدركه المرء من حجم أو لون أو غير ذلك من صفات لموضوعات يجرى عرضها عليه أثناء تجربة من التجارب تتغير أيضا على أساس الخبرة السابقة والتدرب السابق للمفحوص [2]. وأن استعراض الدراسات التجريبية الغنية التي استقينا منها هذه الأمثلة يجعلنا نذهب إلى القول بأن وجود شيء ما أشبه بنموذج إرشادي يعتبر شرطا ضروريا

لعملية الإدراك الحسي ذاتها. فإن ما يبصره المرء يتوقف على ما ينظر إليه، وكذلك على ما علمته خبرته التصورية البصرية السابقة أن يراه في هذا الشيء. وبدون هذا التدريب لن يكون هناك إلا ما وصفه وليام جيمس بعبارته التي يقول فيها «ألوان وطنين في فوضى مطلقة».

وتبين للكثيرين من المعنيين بتاريخ العلم خلال السنوات الأخيرة إن التجارب سالفة الذكر غنية بإيحاءاتها ومدلولاتها. ونخص بالذكر هنان. ر. هانزون الذي استخدم البراهين الجشتلطية لإثبات عدد من النتائج المطابقة للاعتقاد العلمي الذي يعنيني أمره هنا [3]. بينما أوضح مرارا عدد آخر من الزملاء أن تاريخ العلم سيكون مفهوما على نحو أفضل وأكثر تجانسا إذا ما تسنى للمرء أن يفترض أن العلماء يمرون بين الحين والآخر بنقلات أو تحولات في الإدراك الحسي تشبه تلك التي أسلفنا الحديث عنها. ولكن على الرغم من ثراء هذه التجارب السيكولوجية لما تنطوي عليه من إيحاءات إلا أنها لا تسمح لنا، والحال هذه، بأن نمضي بعيدا ونتمادى في القياس. إنها تكشف بالفعل عن خصائص الإدراك الحسي التي يمكن أن تكون مركزية بالنسبة للتطور العلمي، بيد أنها لا تقوم دليلا على أن المشاهدة، الحذرة والدقيقة والمحكومة بضوابط، التي يجريها الباحث العلمي تحمل على الإطلاق بعض هذه الخصائص. زد على ذلك أن نفس طبيعة هذه التجارب تجعل إقامة برهان مباشر على هذه النقطة ضربا من المحال. فلو أن الأمثلة التاريخية تستهدف إثبات ملاءمة هذه التجارب النفسية وصلتها الوثيقة بالموضوع، لأصبح واجبا علينا بادئ ذي بدء أن نحدد أنواع البينات التي لنا أن نتوقع أن يزودنا بها، أولا يزودنا بها، التاريخ.

إن المفحوص في التجربة الجشطلتية التي تهدف إلى البرهنة على ذلك إنها يعرف أن إدراكه الحسي قد تحول لأن بإمكانه أن يحركه وفق إرادته مرارا وتكرارا ذهابا وإيابا وهو ممسك بيديه ذات الكتاب أو الصحيفة. ونظرا لأنه يعي أن شيئا في البيئة المحيطة به لم يتبدل، فإنه يوجه انتباهه بصورة متزايدة لا إلى الشكل العام (بطة أو أرنب) بل إلى الخطوط المرسومة على الصحيفة التي ينظر إليها. بل أنه في نهاية الأمر يمكنه أن يتعلم كيف يرى هذه الخطوط دون النظر إلى أي من الشكلين، ومن ثم يمكنه القول حينئذ (وهو ما لم يكن يستطيع أن يقوله من قبل على نحو صحيح) إن هذه

هي الخطوط التي يراها بالفعل ولكنه يراها في تناوب على هيئة بطة وعلى هيئة أرنب. وعلى هذا المنوال فإن المفحوص في تجربة أوراق اللعب الشاذة يعرف (أو إن شئت دقة أكثر يمكن إقناعه) بأن إدراكه الحسي لا بد أنه قد تحول لأن سلطة خارجية، وهي الباحث القائم بالتجربة، يؤكد له أنه على الرغم مما رآه فقد كان طوال الوقت ينظر إلى خمسة ديناري سوداء. والملاحظ في كل من هاتين الحالتين، وكذا في جميع التجارب النفسية المماثلة، أن فعالية البرهان رهن بإمكانية تحليله على هذا النحو. إذ ما لم يكن هناك معيار خارجي نثبت في ضوئه التحول في الرؤية البصرية أن يكون بالإمكان استخلاص أي نتيجة عن الإمكانات الإدراكية الحسية المتبادلة.

ولكن الموقف يتحول إلى النقيض تماما بالنسبة للمشاهدة العلمية. فالعالم لا يملك تجاوز حدود ما يراه بعينيه وتثبته أجهزته. فلو أن ثمة سلطة أعلى قادرة على إثبات أن رؤيته قد تحولت، فإن هذه السلطة ستغدو هي نفسها مصدر المعطيات، كما سيصبح سلوك رؤيته البصرية مصدرا لعدد من المشكلات التي تستلزم الدراسة والبحث (مثلما هو حال المفحوص خلال التجربة في نظر الباحث الأسى). وقد تبرز مشكلات مماثلة لهذه لو أن رجل العلم استطاع أن يبدل رؤيته البصرية هنا وهناك على نحو ما حدث بالنسبة للمفحوص في التجارب النفسية الجشطلتية. فالفترة الزمنية التي انقضت بين كون الضوء «موجة حينا وجزيئا حينا آخر» كانت فترة أزمة-فترة كان فيها خطأ ما-ولم تنته إلا بظهور الميكانيكا الموجية والتحقق من أن الضوء كيان متسق مع نفسه ومختلف عن كل من الموجات والجزيئات. لهذا فإن التحولات الإدراكية الحسية في مجال العلم إذا اقترنت بالتحولات في النماذج الإرشادية، فإن لنا أن لا نتوقع بأن يصدق العلماء على هذه التحولات مباشرة. فالباحث الذي تحول إلى مذهب كوبرنيكوس لا يقول إذا ما نظر إلى القمر «لقد اعتدت أن أبصر كوكبا، أما الآن فإنني أبصر تابعا». فمثل هذا التعبير قد يكون له معنى وقتما كان مذهب بطليموس هو السائد. ولكن الباحث العلمي الذي تحول إلى علم الفلك الحديث فإنه يقول بدلا من ذلك «اعتبرت القمر يوما ما (أو رأيت القمر في السابق باعتباره) كوكبا، ولكنني كنت مخطئا». وهذا النوع من الحديث هو الذي يتردد عقب الثورات العلمية. وإذا كان يخفى عادة تحولا في الرؤية العلمية

أو يخفى أي تحول ذهني آخر له نفس النتيجة، إلا أننا لا نستطيع أن نتوقع شهادة فورية بشأن هذا التحول. بل يتعين علينا أن نلتمس براهين سلوكية غير مباشرة تثبت أن الباحث العلمي وقد توفر له نموذج إرشادي جديد أضحى يرى الأمور على نحو مختلف عما كان مألوفا له قبل ذلك.

ولنعد ثانية إلى الوقائع التاريخية مما بين أيدينا ونسأل ما أنواع التحولات التي طرأت على دنيا الباحث العلمي مما يمكن أن يتبينها المؤرخ الذي يؤمن بمثل هذه التحولات. إن اكتشاف سير وليام هرشيل لكوكب أورانوس هو أول مثال على ذلك، وهو مثال يضاهي إلى حد كبير تجربة ورقة اللعب الشاذة. فقد كانت هناك على الأقل سبع عشرة مناسبة فيما بين عامي 169 و1781 شاهد خلالها عدد من علماء الفلك، ومن بينهم كثيرون من أبرز علماء الأرصاد في أوربا، نجما في مواضع نفترض اليوم أن أورانوس كان يشغلها وقتذاك بالضرورة. وحدث أن واحدا من خيرة علماء الأرصاد هؤلاء قد شاهد «النجم» بالفعل خلال أربع ليال متعاقبة في عام 1769 دون أن يلحظ حركته التي كان يمكن أن توحي إليه بالتعرف الصحيح. ولكن هرشيل حين شاهد لأول مرة ذات النجم بعد ذلك باثني عشر عاما، إنما فعل ذلك مستعينا بمرقاب صنعه بنفسه وكان أكثر تقدما بكثير من سابقه. ونتيجة لذلك استطاع أن يلحظ جسما في حجم القرص كان على الأقل شيئا غير مألوف بين النجوم. وظن أن ثمة خطأ ما، ولهذا أرجأ الحكم والتحديد ريثما يجرى مزيدا من المراقبة الدقيقة. وكشفت هذه المراقبة الفاحصة عن حركة أورانوس بين النجوم، وبذا أعلن هرشيل أنه شاهد نجما مذنبا جديدا. ومضت عدة شهور، جرت خلالها محاولات غير مجدية لمطابقة الحركة المشاهدة مع مدار أحد المذنبات. وهنا فقط اقترح لكسيل أن المدار ربما يكون مدار كوكب [(4)]. وبعد أن صادق العلماء على هذا الرأي أصبح عالم الباحث الفلكي المحترف يضم عددا أقل من النجوم بكثير وكوكبا جديدا زيادة على ما سبق. وهاهو جرم سماوي كان يغيب ويختفي عن الرؤية على مدى قرن من الزمان أصبح يراه العلماء على نحو مختلف بعد عام 1781 وذلك لأنه، تماما مثل ورقة اللعب الشاذة، لم يعد بالإمكان مطابقته مع فئات الإدراك الحسي (نجم أو مذنب) التي حددها النموذج الإرشادي الذي كان سائدا فيما سبق.

إن التحول في الرؤية البصرية الذي جعل علماء الفلك يرون أورانوس، الكوكب، لم يؤثر فقط، فيما يبدو، على إدراك هذا الموضوع الذي سبقت مشاهدته. بل كانت له نتائج أكثر وأبعد مدى. إذ من المحتمل، وإن كان الدليل على ذلك ليس قاطعا، إن التحول البسيط في النموذج الإرشادي الذي فرضه هرشيل ساعد على تهيئة علماء الفلك لكي يكتشفوا بسرعة، عقب عام 1801، العديد من الكواكب الصغيرة أو الكويكبات. ونظرا لصغر حجم هذه الكويكبات فإنها لم تكشف عن الضخامة غير المألوفة التي نبهت هرشيل. ومع ذلك فإن علماء الفلك، وقد أضحوا مهيّئين لاكتشاف كواكب إضافية، استطاعوا بفضل ما توفر لديهم من أدوات معيارية تحديد عشرين من هذه الكواكب على مدى النصف الأول من القرن التاسع عشر [5]. ويقدم لنا تاريخ علم الفلك كثيرا من الأمثلة الأخرى عن التحولات التي طرأت على الإدراك العلمي بفعل النموذج الإرشادي، ربما كان بعضها أقل غموضا. فهل لنا أن نتصور على سبيل المثال أنه من قبيل المصادفة أن علماء الفلك الغربيين أدركوا لأول مرة تحولا في السماوات التي كان ينظر إليها قبل ذلك على أنها شيء ثابت لا يعتريه أي تغير، وذلك على مدى نصف قرن بعد طرح النموذج الإرشادي الجديد الذي اقترحه أول الأمر كوبرنيكوس؟ إن علماء الصين الذين لا تحول عقائدهم الكونية دون القول بحدوث تغير في الأفلاك، قد سجلوا قبل ذلك التاريخ بزمن طويل ظهور الكثير من النجوم في السموات. وكذلك سجل علماء الفلك الصينيون بانتظام، ودون الاستعانة بمرقاب، ظهور البقع الشمسية قبل أن يراها جاليليو ومعاصروه بقرون عديدة [6]. ولم يكن ظهور البقع الشمسية أو ظهور نجم جديد هي الأمثلة الوحيدة على التغير في مجال الفلك الذي طرأ على سماوات علم الفلك الغربي بعد كوبرنيكوس مباشرة. فالمعروف أن علماء الفلك في أواخر القرن السادس عشر اكتشفوا مرارا، وبفضل الاستعانة بأدوات تقليدية بعضها بسيط للغاية مثل قطعة خيط، أن المذنبات انحرفت في مسارها عبر فضاء كان المعتقد في السابق أنه خاص بنجوم وكواكب ثابتة [7]. وأن هذه السهولة الشديدة والسرعة الكبيرة التي رأى بها علماء الفلك أشياء جديدة عند النظر إلى موضوعات قديمة بأدوات قديمة قد تحدو بنا إلى القول بأن علماء الفلك عاشوا بعد كوبرنيكوس في عالم مختلف. وعلى أية حال فقد

سارت بحوثهم وكأن الأمر كان على هذا النحو.

أثرنا اختيار الأمثلة السابقة من علم الفلك نظرا لأن تقارير المشاهدات الفلكية تصاغ عادة بلغة قوامها مصطلحات المشاهدة على نحو خالص نسبيا. وهذا النوع من التقارير هو وحده الذي يمكن أن نأمل في أن نجد فيه شيئا شبيها بالموازاة الكاملة بين مشاهدات العلماء ومشاهدات المفحوصين في تجارب علم النفس. بيد أننا لا نريد أن نتشدد بشأن هذه الموازاة الكاملة بحيث تكون متطابقة تماما، إذ سوف نجني كثيرا إذا ما خففنا من معيارنا الذي نقيس به. فإذا تسنى لنا أن نقنع بالاستخدام اليومي العادي لفعل «يرى» فإننا قد ندرك سريعا أننا صادفنا في حياتنا من قبل الكثير من الأمثلة الأخرى لمظاهر التحول في الإدراك الحسي العلمي المقترن بتغير النموذج الإرشادي. وأرى لزاما على أن أسارع بالدفاع هنا صراحة عن المعنى الموسع لكلمتي «إدراك حسي» و«رؤية»، ولكن ليسمح لي القارئ بداية أن أوضح استخدامهما في الممارسة العملية.

لنتأمل ثانية للحظة مثالين من أمثلتنا السابقة المستمدة من تاريخ الكهرباء. فخلال القرن السابع عشر اعتاد الكهربائيون، وقد كانوا يسترشدون بإحدى نظريات البخر غير المرئي، أن يروا جزيئات أو دقائق شبيهة بالقش تقفز مرتدة إلى أعلى، أو هابطة إلى أسفل، الأجسام المكهربة التي تجتذب تلك الدقائق. أو كان هذا على الأقل ما قال الباحثون في القرن السابع عشر أنهم شاهدوه، وليس لدينا من سبب للشك في تقاريرهم عن مدركاتهم أكثر مما لدينا بالنسبة لتقاريرنا. ولكن إذا ما وقف باحث معاصر أمام نفس الجهاز فإنه سوف يشاهد تنافرا كهروستاتيكيا (بدلا من ارتداد ميكانيكي أو تجاذبي). غير أن التنافر الكهروستاتيكي لم يكن ينظر إليه تاريخيا على أنه كذلك باستثناء واحد فقط اتفق الجميع على إغفاله. وظل الأمر على هذا النحو إلى أن جاء هوكسبي بجهازه الضخم الذي كبر لدرجه هائلة النتائج المترتبة عليه. غير أن التنافر الحادث نتيجة التماس الكهربائي لم يكن سوى نتيجة واحدة من بين نتائج جديدة كثيرة شاهدها هوكسبي تحدث بفعل التنافر. وحدث مع هوكسبي مثلما يحدث في التحول الجشطلتي، إذ أصبح التنافر فجأة في أبحاثه الظاهرة الأساسية الدالة على التكهرب، وأصبح التجاذب بذلك هو الشيء الذي يستلزم تفسيرا

له[8]. وكانت الظواهر الكهربائية المرئية في مطلع القرن الثامن عشر أدق وأكثر تباينا من تلك التي كان يشاهدها الباحثون خلال القرن السابع عشر. ونعود لنقول إنه بعد استيعاب النموذج الإرشادي الذي قدمه فرانكلين أصبح أخصائي الكهرباء حين ينظر إلى وعاء ليدن يرى شيئا آخر مغايرا لما كان يراه قبل ذلك. وأصبح الجهاز مكثفا، أو جهاز تكثيف، في غير حاجة إلى أن يكون على شكل زجاجة أو على شكل وعاء. وبدلا من ذلك تركز الاهتمام أولا على غلافي التوصيل الخارجيين-ولم يكن أحدهما جزءا من الجهاز الأصلي وتشهد المناقشات المكتوبة والتوضيحات المرسومة بأن صفيحتين معدنيتين بينهما عازل قد أصبحتا النموذج المعبر عن هذا النوع من الأجهزة [9]. وحدث في ذات الوقت أن قدم الباحثون تفسيرا جديدا لنتائج أخرى للتوصيل الكهربي عن طريق التأثير، بينما كانت لا تزال هناك نتائج غيرها يلحظونها لأول مرة.

وغني عن البيان أن هذه التحولات لم تكن قاصرة فقط على مبحثي الفلك والكهرباء. فقد سبق أن لحظنا بعض التحولات المماثلة في مجال الرؤية البصرية التي يمكن استنباطها من تاريخ الكيمياء. وقلنا إن لافوازييه رأى الأكسجين فيما رآه بريستلي هواء خاليا من عنصر الفلوجستون، أو حيث لم ير آخرون أي شيء على الإطلاق. ولكن لافوازييه لكي يتعلم رؤية الأكسجين وجد لزام عليه أن يعدل من طريقته في النظر إلى عدد من المواد الأخرى المألوفة للغاية. مثال ذلك أن ما كان بريستلي ومعاصروه يرونه تربة أولية أصبح يره لافوازييه خاما مركبا دون ذكر أي تغييرات حدثت. ويمكن القول أن لافوازييه رأى الطبيعة على نحو مغاير نتيجة لاكتشاف الأكسجين على أقل تقدير. وفي حالة عدم اللجوء إلى هذه الطبيعة الثابتة افتراضيا والتي «رآها على نحو مغاير»، فإن مبدأ الاقتصاد سوف يحثنا على القول بأن لافوازييه أخذ يعمل في دنيا أو عالم مغاير بعد اكتشافه للأكسجين.

وسوف أبحث في عجالة خاطفة عن إمكانية تجنب هذا التعبير الغريب، بيد أننا بحاجة أولا إلى مثال إضافي نستمده من أشهر أعمال جاليليو. المعروف أن أغلب الناس منذ زمن موغل في القدم شهدوا جسما أو آخر ثقيل الوزن يترجح يمنة ويسرة وهو معلق بخيط أو بسلسلة حتى يستقر في النهاية. فكان بالنسبة لأصحاب النظرة الأرسطية، الذين اعتقدوا أن أي

جسم ثقيل الوزن إنما يتحرك بحكم طبيعته الذاتية من وضع أعلى إلى حالة من الاستقرار الطبيعي عند وضع أدنى، وأن الجسم المترجح إنما يهبط بصعوبة. ونظرا لأن السلسلة تقيد حركته فإنه لن يستقر إلا عند أدنى نقطة له بعد فترة من الزمن يتحرك خلالها حركات متموجة. أما جاليليو فقد ذهب على العكس من ذلك حين تطلع إلى الجسم المترجح، إذ رأى فيه بندولا، أي جسما نجح في تكرار ذات الحركة مرات ومرات إلى ما لا نهاية. وبعد أن تأمل جاليليو هذا البندول مرارا لحظ فيه خصائص أخرى للبندول وبنى على أساسها القسط الأكبر من العناصر الأصلية والهامة لنظريته الجديدة في الديناميكا. واستنتج جاليليو على سبيل المثال من خصائص البندول حججه الكاملة والصحيحة عن استقلال الثقل ومعدل سرعة السقوط وكذا عن العلاقة بين الارتفاع الرأسي والسرعة الحدية للحركات الهابطة فوق المسطحات المائلة [10]. ولقد رأى جميع هذه الظواهر الطبيعية من زاوية مختلفة عن الزاوية التي كان ينظر إليها من خلالها قبل ذلك.

لماذا حدث هذا التحول في الرؤية؟ السبب هو بطبيعة الحال عبقرية جاليليو كفرد. ولكن لنلاحظ أن العبقرية لا تتجلى هنا في صورة ملاحظة أكثر دقة أو موضوعية للجسم المترجح، إذ يمكن القول من الناحية الوصفية أن الإدراك الأرسطي دقيق بنفس الدرجة. وعندما أفاد جاليليو بأن مدة ذبذبة البندول مستقلة عن سعة الذبذبة بالنسبة للسعات التي تبلغ 90 فإن نظرته إلى البندول قادته إلى حيث رأى انتظاما أكثر مما نستطيع الآن أن نكتشفه هناك [11]. والواقع أن الأمر ينطوي فيما يبدو على استغلال العبقرية للإمكانية الإدراكية التي هيأها التحول عن النموذج الإرشادي للعصر الوسيط. ذلك أن جاليليو لم تجر تنشئته كعالم وفق القالب الأرسطي تماما. بل إنه على العكس تدرب على تحليل الحركات في ضوء نظرية الزخم أو كمية التحرك، وهو نموذج ظهر في الفترة المتأخرة من العصر الوسيط ويرى أن الحركة المتصلة لجسم ثقيل ترجع إلى قوة باطنية غرسها فيه القاذف أو المحرك الذي حرك الجسم بداية. ونعرف أن جين بوريدان ونيقولا أوريزم من العلماء المدرسيين في القرن الرابع عشر قد وضعا نظرية الزخم في أكمل صيغة لها، وهما أول من نعرف من العلماء اللذين

رأوا في الحركة التذبذبية كل ما رآه فيها جاليليو. إذ يصف بوريدان حركة الوتر في حالة الاهتزاز بأنه وترغرست فيه كمية الحركة بادئ ذي بدء عند ضرب الوتر، ثم استنفدت كمية الحركة ثانية بسبب إزاحة الوتر ضد مقاومة توتره، ثم تدفع الشدة أو التوتر الوتر إلى العودة ثانية، فتغرس مزيدا من الزخم إلى أن يتم الوصول إلى نقطة الوسط للحركة، بعد ذلك يزيح الزخم الوتر إلى الاتجاه المقابل، ويتم ذلك مرة ثانية بقدر شدة الوتر، وهكذا تطرد العملية على نحو متماثل بحيث يمكن أن تستمر دون تحديد. وفي فترة تالية خلال القرن نفسه حدد أوريزم المعالم الأساسية لتحليل مشابه للحجرة المترجح على النحو الذي يبدو لنا الآن كأول دراسة عن البندول[12]. ومن الواضح أن نظرته قريبة جدا من نظرة جاليليو التي عالج بها موضع البندول. ولقد تيسرت هذه النظرة عند أوريزم على الأقل بل وعند جاليليو على نحو شبه يقيني، بفضل التحول عن النموذج الإرشادي الأرسطي الخاص بالحركة إلى النموذج الإرشادي المدرسي «الإسكولائي» عن الزخم. إذ لم يكن هناك بندول قبل اختراع هذا النموذج الإرشادي المدرسي لكي يشاهده العلماء، وإنما كانت هناك فقط الأحجار المترجحة. ولقد نشأت البندولات نتيجة شيء شديد الشبه بالتحول الجشطلتي بفعل النموذج الإرشادي.

ومع هذا هل نحن بحاجة حقا إلى وصف ما يميز جاليليو عن أرسطو، أو لافوازييه عن بريستلي، بأنه تحول في الرؤية؟ هل رأى هؤلاء الناس حقا، بمعنى الرؤية البصرية، أشياء مغايرة عندما تطلعوا إلى أشياء من نفس النوع؟ وهل ثمة معنى مقبول عقلا يدعونا إلى القول بأنهم تابعوا أبحاثهم في عوالم مختلفة؟ لم يعد بالإمكان إرجاء مثل هذه الأسئلة ذلك لأن هناك كما هو واضح سبيلا أخرى مألوفة لنا أكثر من سواها لوصف جميع الأمثلة التاريخية التي أسلفنا الإشارة إليها إجمالا. وإني على يقين من أن قراء كثيرين سوف تحدوهم الرغبة في القول بأن ما يتغير نتيجة النموذج الإرشادي هو فقط تأويل رجل العلم للمشاهدات التي هي شيء ثابت مرة وإلى الأبد بحكم طبيعة البيئة والجهاز الإدراكي الحسي. وحسب هذا الرأي فقد رأى كل من بريستلي ولافوازييه الأكسجين، ولكن كلا منهما فسر مشاهداته على نحو مغاير للآخر. وكذلك فعل أرسطو وجاليليو، إذ رأى كل منهما البندول ولكنهما اختلفا في تفسير ما رآه كل منهما.

وليسمح لي القارئ بأن أقول إن هذه النظرة الشائعة عما يحدث عندما يغير العلماء تفكيرهم بشأن أمور أساسية لا يمكن أن تكون كلها خطأ ولا مجرد سوء فهم. والصحيح أنها جزء أساسي من نموذج إرشادي فلسفي استهله ديكارت وتطور في الوقت ذاته ليصبح ديناميكا نيوتن. ولقد أفاد هذا النموذج الإرشادي كلا من العلم والفلسفة على السواء. وكان استثماره، مثلما كان استثمار الديناميكا ذاتها، عملا مجديا في سبيل الحصول إلى فهم أساسي ربما لم يكن بالإمكان الوصول إليه بطريقة أخرى. ولكن، وكما يشير مثال ديناميكا نيوتن فإن النجاح المذهل الذي تحقق في الماضي لا يكفل أي ضمان بإمكانية إرجاء الأزمة لمدة غير محددة. وهانحن اليوم نجد العديد من البحوث في مجالات الفلسفة وعلم النفس وعلم اللغة بل وفي تاريخ الفن تجمع كلها علي الإشارة إلى أن ثمة خطأ ما في النموذج الإرشادي التقليدي. ووضح هذا النشوز بصورة متزايدة بفضل الدراسة التاريخية للعلم التي نركز جل اهتمامنا عليها هنا بالضرورة.

ولكن لاشيء من هذه المشكلات المسببة للأزمة قدم حتى الآن نظرية بديلة قابلة للحياة يمكن أن تحل محل النموذج الإرشادي المعرفي «الأبستمولوجي» التقليدي، وإن كانت بدأت تشي بما ستكون عليه بعض خصائص هذا النموذج الإرشادي. فأنا على سبيل المثال أعي بصورة حادة الصعاب الناجمة عن القول بأن أرسطو وجاليليو حين نظرا إلى الأحجار المترجحة رأى الأول سقوطا قسريا، بينما رأى الثاني بندولا. ونجد المشكلات ذاتها ماثلة في الجمل الافتتاحية التي بدأت بها هذا الفصل، وإن بدت في صيغة أكثر أساسية حين قلت: على الرغم من أن العالم حولنا لا يتغير بتغير النموذج الإرشادي إلا أن الباحث العلمي يعمل بعد ذلك في عالم مغاير. بيد أنني مع هذا مقتنع بأن علينا أن نتعلم كيف نتفهم الجمل التي من هذا النوع على أقل تقدير. إن ما يحدث أثناء الثورة العلمية لا يمكن رده بالكامل إلى مجرد تفسير جديد لمعطيات مستقلة وثابتة. فالمعطيات أولا ليست ثابتة بصورة مطلقة. إن البندول ليس حجرا ساقطا، كما وأن الأكسجين ليس هواء خاليا من الفلوجستون. ومن ثم فإن المعطيات التي يجمعها العلماء من هذه الموضوعات المتباينة هي ذاتها، كما سنرى بعد قليل، موضوعات مختلفة. والأهم من ذلك أن العملية التي يجتاز خلالها الفرد أو

المجتمع المسافة الفاصلة بين حالة السقوط القسري وبين البندول أو الانتقال من الهواء الخالي من الفلوجستون إلى الأكسجين ليست بالعملية التي تشبه التفسير. إذ كيف تكون كذلك مع وجود معطيات ثابتة لكي يفسرها الباحث العلمي؟ إن العالم الذي يؤمن بنموذج إرشادي جديد ليس مفسرا بل أشبه بالرجل الذي يضع على عينيه عدسات عاكسة. إذ على الرغم من أنه يواجه مجموعة الموضوعات ذاتها كما واجهها من قبل، ويعرف أنه يفعل ذلك، إلا أنه يجدها وقد تحولت تحولا كاملا في كثير من تفاصيلها.

ليس المستهدف من أي من هذه الملاحظات القول بأن العلماء لا يفسرون عادة المشاهدات والمعطيات المتاحة لهم. بل على العكس، فقد فسر جاليليو مشاهداته للبندول وكذا فسر أرسطو مشاهداته للأحجار الساقطة، وفسر موشينبرويك مشاهداته للوعاء المشحون، وفسر فرانكلين مشاهداته للمكثف. غير أن كل تفسير من هذه التفسيرات جاء انطلاقا من نموذج إرشادي. لقد كانت جميعها أجزاء من علم قياسي ومشروعا يهدف، كما رأينا من قبل، إلى صقل نموذج إرشادي قائم بالفعل، وتوسيع نطاقه، وإحكام صياغته. وعرض الفصل الثالث نماذج كثيرة كان للتفسير فيها دور مركزي. وتجسد تلك الأمثلة الغالبية الساحقة من البحث. وقد عرف الباحث العلمي في كل منها، وبفضل نموذج إرشادي مقبول، ما هي معطيات المشكلة المطروحة؟ وما هي الأدوات التي يمكن استخدامها لحلها؟ وما هي المفاهيم الملائمة لكي توجه تفسيره؟ فحيث يكون هناك نموذج إرشادي يغدو تفسير المعطيات أمرا مركزيا للمشروع الذي يكشف عنها.

ولكن هذا المشروع التفسيري-وهذا هو مناط الفقرة قبل الأخيرة-لا يمكنه إلا أن يحكم صوغ النموذج الإرشادي لا أن يصححه. فالنماذج الإرشادية لا يصححها العلم القياسي على الإطلاق. وإنما يقودنا العلم القياسي فقط آخر الأمر، وكما رأينا من قال، إلى التسليم بمظاهر الشذوذ، والاعتراف بالأزمات. ولا ينتهي هذا كله إلى التروي والتفسير بل إلى حدث فجائي نسبيا وغير محدد المعالم تماما، مثله كمثل التحول الجشطلتي، أي إلى انقلاب في رؤية الأشكال، وغالبا ما يتحدث العلماء آنذاك عن «سقوط الغشاوة عن العينين» أو عن «ومضة البرق» التي «تغمر بنورها» لغزا بدا غامضا فيما مضى بحيث تكشف عن عناصره التي تتجلى في صورة جديدة

تساعد لأول مرة على حله. ويومض هذا الضوء في مناسبات أخرى أثناء النوم [13]. ونحن لا نجد معنى عاديا مألوفا لمصطلح «تفسير» يطابق ومضات الحدس هذه والتي يتولد عنها نموذج إرشادي جديد. وعلى الرغم من أن حالات الحدس هذه رهن بالخبرة سواء أكانت خبرة شاذة أو متطابقة ومكتسبة في إطار النموذج الإرشادي القديم، إلا أنها لا ترتبط منطقيا ولا جزئيا بعناصر محددة من تلك الخبرة كما هو الحال بالنسبة للتفسير. وإنما هي بدلا من ذلك تضم أجزاء كبيرة من تلك الخبرة وتحولها إلى حزمة من الخبرة مغايرة لها تماما، وهذه سترتبط تدريجيا بعد ذلك بالنموذج الإرشادي الجديد دون القديم.

وحتى نعرف المزيد عما يمكن أن تكون عليه هذه الفوارق في الخبرة، نعود للحجر إلى أرسطو وجاليليو وموضوع البندول. ما هي المعطيات التي توفرت لدى كل منهما نتيجة تفاعل النموذج الإرشادي، وهو مختلف عند كل منهما، مع البيئة، وهي مشتركة بينهما؟ إن الباحث الأرسطي حين يرى السقوط القسري سيعمد إلى قياس (أو على الأقل إلى دراسة-إذ نادرا ما كان الباحث الأرسطي يقيس) ثقل الحجر، والارتفاع الرأسي الذي ارتفع إليه، والزمن اللازم له حتى يثبت ويستقر. ونضيف إلى ما سبق مقاومة الوسط، وبذا تكتمل المقولات المفاهيمية التي اعتاد أن يستخدمها العلم الأرسطي عند تناول موضوع جسم ساقط [14] وغني عن البيان أن البحث القياسي الذي يسترشد بهذه المقولات لم يكن بوسعه الوصول إلى القوانين التي اكتشفها جاليليو. وكل ما كان يمكن أن تفعله-وعبر سبل أخرى مغايرة- هو الوصول إلى سلسلة من الأزمات، التي انبثقت عنها نظرة جاليليو إلى الحجر المترجح. ولقد رأى جاليليو بالفعل الحجر المتأرجح رؤية مختلفة تماما نتيجة تلك الأزمات علاوة على تغيرات فكرية أخرى. إن أعمال أرشميدس بشأن الأجسام الطافية لم تجعل من الوسط عنصرا جوهريا، وكذلك نظرية الزخم جعلت الحركة تماثلية وثابتة، ووجهت الأفلاطونية الجديدة انتباه جاليليو إلى الصورة الدائرية للحركة)[15]. ولذلك عاير فقط الثقل ونصف القطر والإزاحة الزاوية والزمن بالقياس إلى كل حركة من حركات الترجح أو الذبذبة، وهذه هي بالتحديد المعطيات التي يمكن تفسيرها للوصول إلى قوانين جاليليو الخاصة بالبندول. وحتى في هذه الحالة كان

التفسير سطحيا وغير ضروري. ولكن بناء على النماذج الإرشادية التي عمل جاليليو في إطارها كانت الحركات المنتظمة الشبيهة بحركات البندول قابلة للفحص والدراسة. إذن كيف لنا أن نفسر بطريقة أخرى اكتشاف جاليليو أن مدة ذبذبة كرة البندول مستقلة تماما عن سعة الذبذبة، وهو اكتشاف كان لا بد للعلم القياسي النابع من جاليليو أن يلغيه، ونحن اليوم عاجزون تماما عن إثباته بالوثائق. إن ظواهر انتظام الحركة التي لم يكن بإمكان الباحث الأرسطي التفكير فيها أو أن يتصورها (والتي لا تعطي الطبيعة مثالا لها في واقع الأمر) إنها كانت نتائج خبرة مباشرة للإنسان الذي رأى الحجر المترجح بطريقة جاليليو.

قد يكون هذا مثالا ممعنا في الخيال نظرا لأن الأرسطيين لم يسجلوا دراسات عن الأحجار المترجحة. إذ كان هذا في ضوء نموذجهم الإرشادي يمثل ظاهرة مركبة غير مألوفة. ولكن الأرسطيين درسوا يقينا الحالة الأبسط، وهي الأحجار الساقطة دون أسباب قسرية غير مألوفة، وكانت نفس هذه الاختلافات في الرؤية واضحة هناك. ولقد كان أرسطو يرى في الحجر الساقط تغيرا في حالته ولم ير عملية تحدث. وفي رأيه أن المعايير الملائمة لقياس الحركة هي بناء على ذلك أجمالي المسافة المقطوعة وأجمالي الزمن المنقضي، فهذان عنده هما المعلمان اللذان ينتجان ما يمكن أن نسميه الآن معدل السرعة وليس السرعة (16). وبالمثل فنظرا لأن الحجر مكره بحكم طبيعته على بلوغ نقطة ارتكازه أو استقراره الأخيرة فقد رأى أرسطو أن معلم المسافة الملائم عند أي لحظة من لحظات الحركة هو المسافة إلى أو حتى، نقطة النهاية الأخيرة وليس المسافة من منشأ الحركة (17). وتشكل هذه المعالم المفاهيمية الأساس ومدلول غالبية «قوانين الحركة» المعروفة عنه. غير أن النقد المدرسي «الأسكولائي» غير هذه الطريقة في النظر إلى الحركة وحدث ذلك جزئيا من خلال النموذج الإرشادي عن الزخم، كما جاء من ناحية أخرى بفعل مبدأ عرف باسم نطاق أو مدى الأشكال Latitude Of Rearms فالحجر يتحرك بفعل زخم يتناقص منه كلما ابتعد عن نقطة البداية. وهكذا أضحت المسافة من وليست المسافة إلى هي المعلم الملائم. علاوة على هذا فرّغ المدرسيون مفهوم أرسطو عن السرعة إلى فرعين وهما المفهومان اللذان أصبحا بعد جاليليو يعرفان عندنا بمعدل السرعة

والسرعة الآنية. ولكن إذا ما نظرنا إلى الحجر الساقط من خلال النموذج الإرشادي الذي يشكل هذان المفهومان جزءا منه، فإن الحجر الساقط، شأنه هنا شأن البندول، سيكشف عن القوانين الحاكمة له بمجرد النظر إليه. ولم يكن جاليليو من أول العلماء الذين أفادوا بأن الأحجار تسقط وفق حركة منتظمة التسارع [18]. زيادة على ذلك فقد استحدث نظريته عن هذا الموضوع بالإضافة إلى الكثير من النتائج المترتبة عليها قبل أن يجرى تجاربه على سطح مائل. وكانت هذه النظرية عنصرا آخر في شبكة هذه الظواهر الجديدة المنتظمة التي أمكن الوصول إليها بفضل عبقرية تعيش في عالم حددته معا الطبيعة والنماذج الإرشادية، وكان هذا العالم هو البيئة التي تربى في كنفها جاليليو ومعاصروه. وحيث أن جاليليو كان يعيش في ذلك العالم، فقد كان بمقدوره، إذا شاء، أن يفسر لماذا رأى أرسطو ما رآه. غير أن المحتوى المباشر لخبرة جاليليو بشأن الأحجار الساقطة لم يكن، على الرغم من هذا، هو محتوى خبرة أرسطو.

وليس واضحا أبدا بطبيعة الحال أننا بحاجة إلى أن نشغل أنفسنا إلى هذا الحد بموضوع الخبرة المباشرة»-أي بالقسمات الإدراكية الحسية التي يركز عليها نموذج إرشادي تركيزا شديدا بحيث تتبدى لنا في يسر مظاهر الانتظام فيها فور تفحصها. إذ لا بد وأن تتغير هذه القسمات بوضوح مع التزام الباحث العلمي بنموذج إرشادي جديد، ولكنها أبعد ما تكون عما يدور عادة في ذهننا عندما نتحدث عن المعطيات الأولية أو الخبرة الخام التي ينطلق منها البحث العلمي حسب ما هو مشهور عنه. ولعل الأوفق أن تطرح جانبا الخبرة المباشرة باعتبارها سيالا عديم القوام، ومن ثم ينبغي علينا أن ندرس بدلا من ذلك العمليات والقياسات الموضوعية المحددة التي يجربها الباحث العلمي داخل معمله. أو لعل ما ينبغي أن نفعله هو أن نمضي قدما بالتحليل إلى ما هو أبعد من المعطى المباشر. إذ يمكن على سبيل المثال إجراء ذلك على أساس لغة مشاهدة حيادية. ولعلها تكون لغة مخصصة على نحو يتسق مع الانطباعات الشبكية التي يرى بواسطتها ما يراه الباحث العلمي. ذلك أننا نأمل من خلال إحدى هذه الوسائل فقط أن نسترد مجالا تعود فيه الخبرة ثابتة ومستقرة دائما-حيث لا يكون البندول والسقوط القسري مدركين حسيين متغايرين، بل يكونان تفسيرين مختلفين

لمعطيات واضحة تزودنا بها مشاهدتنا لحجر مترجح.

ولكن هل الخبرة الحسية ثابتة ومحايدة؟ أليست النظريات سوى تفسيرات من صنع الإنسان لمعطيات مدركة حسيا؟ إن وجهة النظر المعرفية «الأبستمولوجية» التي اهتدت بها في غالب الأحيان الفلسفة الغربية على مدى ثلاثة قرون، تفرض فورا وبصورة مطلقة الإجابة بنعم! ونظرا لعدم وجود بديل واضح مكتمل، أجد من المستحيل التخلي كلية عن وجهة النظر هذه. بيد أن نتائجها لم تعد مرضية تماما الآن، ويبدو أن لا أمل في جميع المحاولات المبذولة لجعلها تقوم بدورها على هذا النحو من خلال استخدام لغة محايدة للمشاهدات.

إن العمليات والقياسات التي يلتزم بها الباحث العلمي داخل معمله ليست «معطيات» الخبرة بل الأصح أنها «حصاد المعاناة». إنها ليست هي ما يراه رجل العلم على الأقل ليست كذلك قبل أن يتقدم وينضج بحثه ويتركز انتباهه. وهي بالأحرى مؤشرات واقعية محددة دالة على محتوى مدركات حسية أكثر أولية، ويجرى انتقاؤها من حيث هي كذلك بغية الفحص الدقيق لموضوع الدراسة في إطار العلم القياسي، لا لشيء إلا لأنها تعد أو تبشر بتهيئة فرصة لصياغة مثمرة لنموذج إرشادي مقبول. ويحدد النموذج الإرشادي مقدما العمليات والقياسات على نحو أوضح كثيرا من تحديد الخبرة المباشرة المستمدة منها جزئيا، فالعلم لا يبحث في كل ما يمكن معالجته داخل المعمل. وإنما يعمد بدلا من ذلك إلى انتقاء كل ما هو وثيق الصلة وله أهمية لمضاهاة النموذج الإرشادي مع الخبرة المباشرة التي يحددها النموذج الإرشادي جزئيا. ونتيجة لذلك نجد العلماء الذين يعملون وفق نماذج إرشادية مختلفة يعكفون على معالجات معملية متباينة. فالقياسات التي يجرى تطبيقها على البندول غير القياسات المناسبة لحالة السقوط القسري. وكذلك العمليات الملائمة لبيان خصائص الأكسجين ليست دائما هي نفس العمليات اللازمة لبحث خصائص الهواء الخالي من الفلوجستون.

أما عن لغة المشاهدة البحتة فلعلها مشروع قد يبتكره شخص ما. ولكن أملنا في تحقق هذا الاحتمال، على الرغم من مضى قرون ثلاثة بعد ديكارت، لا يزال رهنا بالوصول إلى نظرية عن الإدراك الحسي والعقلي. ونحن نعرف أن تجارب علم النفس الحديث تفضي سريعا إلى وفرة في الظواهر

التي يكاد يتعذر على هذه النظرية معالجتها. فها هي تجربة البط-والأرانب تكشف عن أن رجلين لديهما ذات الانطباعات الشبكية يمكنهما أن يريا الأشياء مختلفة، كما تثبت العدسات العاكسة أن بإمكان رجلين لديهما انطباعات شبكية مختلفة أن يريا الشيء ذاته. ويزودنا علم النفس بكم هائل من الشواهد والبراهين الأخرى التي تثبت النتيجة نفسها،.كما أن الشكوك التي تثيرها تتزايد وتقوى عند تأمل تاريخ المحاولات التي استهدفت وضع لغة حقيقية للمشاهدة. ولم يتسن بعد لأي محاولة راهنة لبلوغ هذا الهدف الاقتراب كثيرا من وضع لغة للمدركات الحسية البحتة وتكون قابلة للتطبيق بوجه عام. وتلك المحاولات التي باتت قاب قوسين أو أدنى من الهدف المنشود تجمع بينها خاصية مشتركة تدعم بقوة الكثير من الأطروحات الأساسية التي تتبناها دراستنا هذه. إذ تفترض بداية وجود نموذج إرشادي، مستمد إما من نظرية علمية سائدة أو من جانب من جوانب لغة الخطاب اليومي، ثم تنزع إلى تجريد أي منهما من كل العبارات غير المنطقية أو الدخيلة على الإدراك الحسي. وقد حقق هذا الجهد تقدما بعيد المدى في بعض مجالات البحث ووصل إلى نتائج مذهلة. وليس ثمة ما يدعو إلى الريبة في أهمية متابعة هذا النوع من الجهود غير أن نتيجتها تمثلت في لغة-شأنها شأن اللغات المستخدمة في العلوم-تنتظم كما هائلا من التوقعات بشأن الطبيعة، وتخفق في أداء دورها إذا ما تبين زيف هذه التوقعات. ويشدد نلسون جودمان تحديدا على هذه النقطة أثناء عرضه لأهداف كتابه «بنية الظاهر» حيث يقول: «من حسن الحظ أن الشك لا يمتد إلى أكثر من ذلك (أي أكثر من الظواهر التي نعرف أنها موجودة)، ذلك لأن مفهوم الحالات «الممكنة» أي الحالات غير الموجودة ولكن كان بالإمكان أن توجد، أبعد ما يكون عن الوضوح[19]. معنى هذا أن أي لغة قاصرة فقط على إخبارنا عن عالم معروف مقدما بالكامل لا يمكن أن تقدم لنا بيانات محايدة وموضوعية خالصة بشأن «المعطيات الحسية». ولم يتسن بعد للبحث الفلسفي أن يقدم لنا ولو إلماحة عن صورة تلك اللغة التي يمكن لها أن تفعل ذلك.

ولنا على الأقل في مثل هذه الظروف أن نفترض أن العلماء على صواب من حيث المبدأ وكذا من حيث التطبيق، عندما يعالجون الأكسجين والبندول

(وربما أيضا الذرات والإلكترونات) باعتبارها المقومات الأساسية لخبرتهم المباشرة، . ونتيجة للخبرة المتضمنة في النموذج الإرشادي عن العرق والثقافة، وأخيرا عن المهنة، أصبحت دنيا الباحث العلمي مأهولة بالكواكب والبندولات والمكثفات والخامات المركبة وغير ذلك من أجسام مماثلة. وإذا قارنا موضوعات الإدراك الحسي هذه بقراءات أدوات قياس مثل المتر وانطباعات الشبكية نجد أن هذه القراءات والانطباعات صورة ذهنية محكمة، ولا يتسنى للخبرة أن تصل إليها مباشرة إلا إذا حرص الباحث العلمي، وفاء لأغراض بحثه الخاصة، على أن يحدث هذا الاتصال مع هذه أو تلك. وهذا لا يعني ضمنا أن البندول على سبيل المثال هو الشيء الوحيد الذي يمكن أن يراه الباحث العلمي حين يتطلع إلى حجر مترجح. (فقد سبق أن أوضحنا أن باحثين عضوين في جماعة علمية أخرى رأيا فيه مظهرا للسقوط القسري). ولكن المقصود، على العكس من ذلك هو بيان أن الباحث العلمي الذي يتطلع إلى حجر مترجح قد لا تتأتى له الخبرة التي هي من حيث المبدأ أبسط من مجرد رؤية بندول. وليس البديل رؤية افتراضية «ثابتة»، بل رؤية من خلال نموذج إرشادي آخر يجعل الحجر المترجح يبدو شيئا آخر مغايرا.

كل هذا قد يبدو معقولا لو أننا تذكرنا ثانية أنه لا العلماء ولا العامة من الناس يتعلمون أن يروا العالم حولهم جزءا جزءا أو بندا بندا. فما لم تكن جميع المقولات المفاهيمية والإجرائية معدة مقدما-أي، كمثال، من أجل اكتشاف عنصر إضافي من عناصر ما وراء اليورانيوم، أي له عدد ذرات أكبر من اليورانيوم أو من أجل إلقاء نظرة على بيت جديد-فإن كلا من العلماء والعامة على السواء يفرزون مجالات بأكملها جملة واحدة من بين سيال الخبرة. فالطفل الذي يتعلم كيف يحول كلمة «ماما» ليخص بها جميع النساء دون بقية البشر، ثم يخص بها أمه دون النساء جميعا، إنه لا يتعلم مجرد معنى كلمة «ماما» أو من تكون أمه. إنه يتعلم في آن واحد بعض الفوارق بين الذكور والإناث، مثلما يتعلم شيئا عن سبل سلوك امرأة واحدة بذاتها تجاهه دون بقية النساء. وتتغير تبعا لذلك استجاباته وتوقعاته ومعتقداته، بل ويتغير القسط الأكبر من عالمه المدرك. وبالمثل فإن كوبرنيكوس وأشياعه الذين أنكروا على الشمس الاسم التقليدي لها «كوكب» لم يتعلموا

فقط معنى «كوكب» أو ماذا تكون «الشمس» بل إنهم بدلا من ذلك غيروا معنى كلمة «الكوكب» بحيث تستمر فائدتها في إبراز التمايز بين عناصر عالم بات الباحثون يرون فيه جميع الأجرام السماوية وليس الشمس وحدها، على نحو مغاير لأسلوب رؤيتهم لها فيما سبق. ويمكن لنا أن نطبق هذه الفكرة نفسها على أي من الأمثلة التي أسلفنا ذكرها. إذ لكي يرى الباحثون الأكسجين بدلا من الهواء الخالي من الفلوجستون، أو المكثف بدلا من وعاء ليدن، أو البندول بدلا من السقوط القسري، إنما كان فقط جزءا من عملية تحول متكاملة في رؤية الباحث العلمي اشتملت على كم كبير من الظواهر الكيميائية أو الكهربية أو الدينامية ذات الصلة بالموضوع. وهكذا تحدد النماذج الإرشادية مجالات واسعة من الخبرة في الوقت ذاته.

إذن فبعد أن تتحدد الخبرة على هذا النحو يمكن عندها أن يبدأ البحث عن تحديد إجرائي أو عن لغة مشاهدة بحتة. فالعالم أو الفيلسوف الذي يسأل عن ماهية القياسات، أو عن الانطباعات الشبكية التي تجعل من البندول ما هو عليه، لابد وأن يكون قادرا بداية على التعرف على البندول حين يراه. أما لو رأى بدلا من البندول حالة سقوط قسري فإن سؤاله ربما لم يكن ليثار أصلا. وإذا رأى بندولا ولكن رآه بنفس الطريقة التي يرى بها شوكة رنانة أو ميزانا متذبذبا فلن يكون بالإمكان الإجابة على سؤاله. أو لن يكون بالإمكان على الأقل الإجابة عليه بنفس الطريقة، لأنه لن يكون نفس السؤال. لذلك، فعلى الرغم من أن الأسئلة عن الانطباعات الشبكية أو عن نتائج معالجات معملية محددة هي دائما أسئلة مشروعة ومثمرة من حين إلى آخر بصورة فريدة إلا أنها تفترض مسبقا عالما مقسما إلى وحدات فرعية وفق أسلوب معين على مستوى المدركات الحسية والمفاهيم. ويمكن القول بمعنى من المعاني أن مثل هذه الأسئلة هي أجزاء من العلم القياسي، ذلك لأنها تعتمد على وجود نموذج إرشادي، وتتلقى إجابات مختلفة باختلاف النموذج الإرشادي.

وفي سبيل اختتام هذا الفصل، ليسمح لنا القارئ بأن نسقط من الآن فصاعدا الانطباعات الشبكية، ونعود لنحصر انتباهنا في إطار العمليات التي تجرى داخل المعمل والتي تقود الباحث العلمي بمؤشرات عيانية محددة، وإن كانت مجزأة، عما رآه بالفعل. وسبق أن لحظنا مرارا أحد الأساليب

الذي يتغير وفقا له هذه العمليات الإجرائية داخل المعمل مع تغير النماذج الإرشادية. إذ بعد حدوث ثورة علمية تصبح أكثر القياسات والمعالجات القديمة غير ملائمة، وتستبدل بغيرها. فالمرء لا يطبق على الأكسجين جميع الاختبارات نفسها التي سبق تطبيقها على الهواء الخالي من الفلوجستون. بيد أن التغيرات التي من هذا النوع ليست تغيرات شاملة أبدا. فإن أيا ما يراه الباحث العلمي حينئذ فإنه لا يزال بعد الثورة العلمية ينظر إلى العالم ذاته. علاوة على هذا فإنه وإن كان قد اعتاد في السابق على استخدام ما يراه على نحو مغاير، إلا أن الجانب الأكبر من لغته ومن أدواته المعملية لا تزال هي هي مثلما كانت من قبل. ونتيجة لذلك يشتمل علم ما بعد الثورة العلمية دائما وأبدا على كثير من المعالجات نفسها التي يجري أداؤها بنفس الأدوات، ويجري عرضها بنفس الأسلوب مثلما كان الحال قبل الثورة. وإذا حدث، وتغيرت هذه المعالجات الثابتة فلابد أن يكون التغير ماثلا إما في علاقاتها بالنموذج الإرشادي أو في نتائجها الواقعية المحددة. وأود الإشارة هنا، ومن خلال عرض مثال جديد وأخير، إلى أن كلا من هذين النوعين من التغير يحدثان بالفعل. إننا لو تفحصنا أعمال دالتون ومعاصريه سوف نكتشف أن عملية واحدة بذاتها إذا ما ارتبطت بالطبيعة من خلال نموذج إرشادي مغاير يمكن أن تتحول إلى مؤشر دال على جانب مختلف تماما من جوانب الانتظام في الطبيعة. زد على هذا أنه سوف يتبين لنا أن المعالجة القديمة سوف تعطي من حين إلى آخر، ومن خلال دورها الجديد، نتائج واقعية مختلفة.

لقد كان علماء الكيمياء في أوربا طوال القرن الثامن عشر تقريبا وامتدادا في التاسع عشر يؤمنون جميعا بأن الذرات الأولية التي تتألف منها كل العناصر الكيميائية إنما تتماسك مع بعضها بفعل قوى التآلف المتبادل. وهكذا فإن كتلة من الفضة ستظل متماسكة بفعل قوى التآلف بين جسيمات الفضة (إلى أن-جاء لافوازييه وأصبح مفهوما بعده أن هذه الجسيمات ذاتها مركبة من جزيئات أبسط منها). وحسب هذه النظرية أيضا فإن الفضة تتحلل قي الحامض (أو يذوب الملح في الماء) لأن جزيئات الحامض اجتذبت جزيئات الفضة (أو جزيئات الماء اجتذبت جزيئات الملح) وكانت جاذبيتها أقوى من جاذبية جزيئات هاتين المادتين المذابتين لبعضهما بعضا،

أو أن النحاس قد يذوب في محلول الفضة وتترسب الفضة لأن التآلف بين الحامض والنحاس أقوى من التآلف بين الحامض والفضة. ولقد جرى تفسير ظواهر كثيرة أخرى على هذا النحو. ولقد كانت نظرية التآلف الانتقائي خلال القرن الثامن عشر نموذجا إرشاديا متميزا في مجال الكيمياء حظي بإعجاب الباحثين في هذا المجال واستخدم على نطاق واسع وحقق أحيانا نتائج إيجابية في سبيل تصميم وتحليل التجارب الكيميائية[20].

بيد أن نظرية التآلف هذه رسمت الخط الفاصل بين الأخلاط الفيزيقية وبين المركبات الكيميائية على نحو بات غير مألوف منذ استيعاب أعمال دالتون. فقد كان علماء الكيمياء في القرن الثامن عشر يعرفون نوعين من العمليات. فعندما يتولد عن عملية المزج حرارة أو ضوء أو فوران أو شيء آخر من هذا القبيل، يقال إنه قد حدث اتحاد كيميائي. وإذا أمكن من ناحية أخرى التمييز بين جزيئات المزيج بالعين المجردة أو الفصل بينها ميكانيكيا يقال إننا بصدد مزيج فيزيقي فحسب، غير أن هذه المعايير كانت فجة قليلة النفع بالنسبة لعدد كبير جدا من الحالات البينية مثل الملح في الماء، و الأخلاط المعدنية، والزجاج والأكسجين في الغلاف الغازي وسواها.. الخ. ورأى غالبية علماء الكيمياء، التزاما بالنموذج الإرشادي الذي يهتدون به، أن هذا النطاق كله من الحالات البينية يدخل ضمن الحالات الكيميائية نظرا لأن العمليات التي تتألف منها تحكمها جميعها قوى من نفس النوع. فالملح في الماء، أو الأكسجين مع النتروجين ليسا إلا مثالين لعملية اتحاد كيميائي شأنهما شأن الاتحاد الناجم عن أكسدة النحاس. وبدت الحجج المؤيدة لاعتبار المحاليل بمثابة مركبات حججا قوية للغاية. وتأكد صواب نظرية التآلف. علاوة على هذا فإن تكوين المركب فسر التجانس الذي يشاهده الباحث في المحلول. إذ لو كان الأكسجين والنتروجين على سبيل المثال مجرد خليط فحسب، وليس مركبا في الغلاف الغازي لاستقر الغاز الأثقل، وهو الأكسجين في القاع. أما دالتون الذي اعتقد أن الهواء مزيج فإنه لم يستطع أن يفسر بصورة مقنعة لماذا لم يحدث ذلك بالنسبة للأكسجين. وانتهى الأمر بأن أدى استيعاب نظريته الذرية إلى خلق حالة شذوذ لم تكن موجودة من قبل [21].

وإن المرء قد يستهويه القول بأن الباحثين الكيميائيين الذين اعتبروا

المحاليل مركبات كيميائية إنما لا يختلفون عن خلفائهم إلا من حيث موضوع التعريف فحسب. وقد يكون الأمر كذلك بمعنى من المعاني. بيد أن هذا المعنى ليس هو المعنى الذي يجعل التعريفات مجرد اتفاقات اصطلاحية متواضع عليها. إذ لم تكن الأخلاط خلال القرن الثامن عشر تتمايز تمايزا كاملا عن المركبات عن طريق اختبارات إجرائية بل وربما لم تكن تتمايز عنها إطلاقا. وحتى لو كان الكيميائيون قد تطلعوا إلى الوصول إلى مثل هذه الاختبارات لكان عليهم التماس معايير تجعل المحلول مركبا. لقد كان التمييز بين المزيج والمركب جزءا من نموذجهم الإرشادي، أي جزءا من أسلوبهم في النظر إلى مجمل بحثهم-ومن ثم كان هذا التمييز بحكم وضعه هذا له الأسبقية على أي اختبار بذاته يجري داخل المعمل، وإن لم تكن له الأسبقية على جماع خبرة الكيمياء المتراكمة.

ولكن بينما كان ينظر إلى الكيمياء على هذا النحو، كشفت الظواهر الكيميائية عن قوانين مختلفة عن تلك التي انبثقت عن تمثل النموذج الإرشادي الجديد لدالتون. ونخص بالذكر هنا أنه في الوقت الذي ظلت فيه المحاليل مركبات، لم يكن بإمكان أي قدر من التجارب الكيميائية أن تصل بذاتها إلى قانون النسب الثابتة وفي أواخر القرن الثامن عشر ذاع على نطاق واسع أن بعض المركبات تحتوي عادة على نسب ثابتة من وزن مكوناتها. وحدث أن أكد عالم الكيمياء الألماني ريختر وجود مزيد من مظاهر الانتظام بالنسبة لبعض أصناف التفاعلات والتي يشملها الآن قانون المكافئان الكيميائية [22]. غير أنه لم يفد أي من الباحثين الكيميائيين من مظاهر الانتظام هذه إلا فيما يتعلق بطريقة أداء التجارب، ولم يفكر أحد حتى نهاية القرن تقريبا في تعميمها. وإزاء الشواهد المناقضة الواضحة مثل الزجاج أو الملح المذاب في الماء، تعذر وضع أي قاعدة عامة دون التخلي عن نظرية التآلف، ووضع تصور ذهني جديد لحدود نطاق البحث الكيميائي. وبدت هذه النتيجة واضحة سافرة تماما عند نهاية القرن خلال جدال مشهور دار بين عالمي الكيمياء الفرنسيين بروست وبرتوليت. فقد زعم الأول أن جميع التفاعلات الكيميائية حدثت بنسب ثابتة، وزعم الثاني أنها لم تكن كذلك. وجمع كل منهما شواهد تجريبية لها ثقلها تأييدا لوجهة نظره. ومع هذا طال الحديث وامتد بين الرجلين كأنه حوار طرشان، ولم

ينته الجدال إلى نتيجة محددة. فقد رأى برتوليت أن ما يمكن أن يتغير من حيث النسب يعد مركبا، بينما لم ير فيه بروست غير خليط فيزيائي [23]. ومثل هذه القضية لن تناسبها التجربة ولا تغيير الاصطلاح المتواضع عليه للتعريف كوسيلة لحسمها. إذ كان الرجلان يقفان عند خطين متعارضين بصورة أساسية تماما مثلما كان الحال بالنسبة لكل من جاليليو وأرسطو.

كان هذا هو الوضع على مدى السنوات التي اضطلع فيها جون دالتون بأبحاثه التي قادته في النهاية إلى نظريته الذرية الكيميائية الشهيرة. ولكن دالتون، وحتى المراحل النهائية من بحوثه هذه، لم يكن باحثا كيميائيا، ولا حتى معنيا بالكيمياء. بل كان رجل أرصاد جوية معنيا لحسابه الخاص ببحث مشكلات فيزيائية تتعلق بامتصاص الماء للغازات وامتصاص الهواء في الجو للماء. وحيث أن تدربه من ناحية كان منصبا على تخصص مغاير، ولأن عمله هو كان في هذا التخصص تحديدا، فقد عالج هذه المشكلات في ضوء نموذج إرشادي مغاير للنموذج الإرشادي الذي يعمل في إطاره معاصروه من علماء الكيمياء. ونخص بالذكر أنه نظر إلى مزيج الغازات أو إلى امتصاص الماء للغاز باعتبارهما عملية فيزيائية لا دور فيها لقوى التآلف ولهذا بدا له أن تجانس المحاليل الذي تحقق منه يمثل مشكلة، ولكنها مشكلة ظن أن بإمكانه حلها لو تسنى له فقط تحديد الأحجام والأوزان النسبية للجزيئات الذرية المختلفة في المزيج الذي يجري عليه تجاربه. وكان أمر تحديد هذه الأحجام والأوزان هو الذي حول دالتون في النهاية إلى الكيمياء، مفترضا منذ البداية أنه في إطار التفاعلات المقيدة التي اعتبرها تفاعلات كيميائية، لا يمكن أن تتحد الذرات إلا بنسبة تناظر واحد إلى واحد أو وفقا لنسبة أخرى بسيطة لعددين صحيحين [24]. ولقد تمكن بفضل هذا الافتراض الطبيعي من تحديد أحجام وأوزان الجزيئات الأولية، وإن جعل أيضاً قانون النسبة الثابتة تحصيل حاصل لا ينطوي على أي جديد. فقد رأى دالتون أن أي تفاعل لا تدخل فيه العناصر الأساسية في نسبة ثابتة لا يعتبر بحكم الأمر الواقع عملية كيمائية خالصة. وهو قانون ما كان بإمكان التجربة أن تثبته قبل أعمال دالتون، وقد أصبح بمجرد إقرار أعماله مبدأ أساسيا لم يكن بإمكان أي مجموعة منفردة من القياسات الكيميائية أن تنقضه. ونتيجة لما يمكن أن نعتبره أكمل مثال سقناه عن ثورة

علمية كشفت ذات المعالجات الكيميائية عن علاقة بينها وبين المبدأ الكيميائي العام مختلفة تماما عن علاقتها به قبل ذلك.

وغني عن البيان أن النتائج التي انتهى إليها دالتون تعرضت لهجوم واسع النطاق فور الإعلان عنها. ولم يكن برتوليت تحديدا مقتنعا بها على الإطلاق. ولم يكن بحاجة إلى أن يقتنع في ضوء طبيعة القضية المتنازع عليها. ولكن غالبية علماء الكيمياء رأوا أن النموذج الإرشادي الجديد الذي قدمه دالتون مقنع تماما، في الوقت الذي لم يكن فيه نموذج بروست مقنعا، وذلك لأن نموذج دالتون تضمن نتائج أبعد مدى وأهم شأنا من مجرد كونه معيارا جديدا للتمييز بين المزيج والمركب. إذ لو أمكن للذرات على سبيل المثال أن تتحد كيميائيا فقط على أساس نسب بسيطة لأعداد صحيحة إذن فإن إعادة دراسة المعطيات الكيميائية المعروفة الناتجة عن التجارب الكيميائية السابقة سوف تكشف عن أمثلة لنسب متضاعفة وثابتة على السواء. وكف علماء الكيمياء عن كتابة أن وحدتين من أكسيد الكربون على سبيل المثال، يحتويان على 56 بالمائة و 72 بالمائة من وزنهما أكسجين، وكتبوا بدلا من ذلك أن وحدة واحدة من وزن الكربون قد تتحد إما مع 1,3 أو 2,6 وحدة من وزن الأكسجين. وعندما أعيد تسجيل نتائج المعالجات القديمة حسب هذه الطريقة قفزت على الفور أمام أنظار الباحثين نسبة 1:2، وظهر هذا في تحليل كثير من التفاعلات المعروفة جيدا سواء القديمة أم الجديدة. يضاف إلى هذا أن نموذج دالتون الإرشادي يسر فهم واستيعاب أعمال ريختر وإدراك طبيعته العامة الكاملة. وأوحى أيضا بتجارب جديدة خاصة تجارب جاي-لوساك Gay-Lussac عن اتحاد الأحجام. وأفضت هذه التجارب إلى قواعد جديدة لم يحلم بها الكيميائيون من قبل. وإن ما أخذه الكيميائيون عن دالتون لم يكن قوانين تجريبية جديدة بل أسلوبا جديدا في ممارسة الكيمياء (أطلق هو نفسه عليه عبارة المذهب الجديد في فلسفة الكيمياء)، وسرعان ما ثبت جدوى هذا الأسلوب حتى أن أحدا لم يقاومه في فرنسا وبريطانيا سوى قلة من قدامى أو عجائز الكيميائيين [25] ونتيجة لذلك بدأ علماء الكيمياء يحيون في عالم تسلك فيه التفاعلات على نحو مختلف تماما عما ألفوه سابقا.

وبينما كان كل هذا يجري في طريقه المرسوم، حدث تحول آخر هام

للغاية مطابق لذلك تماما . لقد بدأت تتغير هنا وهناك ذات المعطيات العددية للكيمياء. إذ عندما بحث دالتون أول الأمر بين الدراسات الكيميائية عن معلومات وأمثلة تدعم نظريته الفيزيائية عثر فيها على نتائج لبعض التفاعلات الكيميائية التي تلائم نظريته، ولكن كان من المستحيل عليه ألا يجد نتائج أخرى تناقضها . ذلك أن قياسات بروست بشأن وحدتين من أكسيد النحاس تعطي على سبيل المثال نسبة أكسجين إلى الوزن ا :ا , 47 وليس 2: كما تقرر النظرية الذرية. والمعروف أن بروست هو الشخص الذي كان من المتوقع له أن يصل إلى النسبة الدالتونية [26]. لقد كان بروست باحثا تجريبيا جيدا، وكان رأيه عن العلاقة بين الأخلاط والمركبات قريبا جدا من رأي دالتون. ولكن من العسير جعل الطبيعة مطابقة لنموذج إرشادي. وهذا هو السبب في أن ألغاز العلم القياسي تثير تحديا شديدا، وهو السبب أيضا في أن القياسات التي تجرى بدون نموذج إرشادي نادرا جدا ما تفضي إلى أي نتائج على الإطلاق. ولهذا لم يستطع الكيميائيون الموافقة ببساطة على نظرية دالتون بناء على ظاهر البرهان حيث أن جانبا كبيرا منها لا يزال سالبا . ولقد عمدوا، حتى بعد قبولهم للنظرية، إلى دفع الطبيعة قسرا في ذات الاتجاه للتطابق معها، وهي عملية استغرقت جيلا آخر غيرهم. وبعد أن تم التحول تغير كل شيء بما في ذلك النسبة المئوية من مكونات المركبات الكيميائية المعروفة. لقد تغيرت المعطيات ذاتها . وهذه هي الفكرة الأخيرة من بين الأفكار التي نريد أن نوضحها حين نقول إن العلماء عقب كل ثورة علمية يعملون في عالم مختلف.

# 11 الثورات وطابعها الخفي

بقى أن نسأل كيف تختتم فصول الثورات العلمية؟ ولكن يبدو أننا بحاجة قبل أن نجيب إلى محاولة أخيرة لتعزيز اقتناع القارئ بوجود الثورة وبطبيعتها. لقد حاولت حتى الآن عرض الثورات عن طريق الأمثلة التوضيحية، وبإمكاننا أن نسرد أضعاف أضعاف هذه الأمثلة إلى حد الملل-ولكن من الواضح أن أكثرها، وقد اخترناه عامدين لما يتصف به من شيوع وألفة، ولم يعتد الناس النظر إليها باعتبارها ثورات بل إضافات إلى المعرفة العلمية. ويمكن أن تكون هذه هي النظرة ذاتها التي ينظر بها إلى أي أمثلة توضيحية إضافية أخرى، ومن ثم قد يكون سردها عديم الجدوى. وعندي أن هناك أسبابا هامة توضح لماذا بدت الثورات وكأنها أحداث خفية. فالعلماء والعامة على السواء يستقون تصورهم للنشاط العلمي الإبداعي من مصدر سلطوي اعتاد دائما وبصورة منتظمة إخفاء وجود الثورات العلمية وحجب أهميتها ودلالتها-وذلك جزئيا لأسباب وظيفية لها شأنها-ولا سبيل أمام المرء لكي يأمل في الإفادة بالكامل من الأمثلة التاريخية إلا بعد التعرف على طبيعة تلك السلطة وتحليلها. علاوة على هذا، وعلى الرغم من أن هذه

النقطة لن يتسنى لنا عرضها عرضا وافيا وكاملا إلا في الفصل الأخير من الكتاب، إلا أن القدر اللازم من التحليل الآن سوف نستهله بالإشارة إلى جانب من جوانب النشاط العلمي الذي يميزه بوضوح لا مزيد عليه عن أي نهج إبداعي آخر إلا فيما خلا مبحث فقه أصول الدين.

أما عن مصدر السلطة فان ذهني يتجه أساسا إلى كتب تدريس العلوم، بالإضافة إلى كل من جهود تبسيط العلوم والكتابات الفلسفية التي تحذو حذوها. ويربط بين هذه الفئات الثلاث جميعها قاسم مشترك، مع ملاحظة أنه حتى عهد قريب لم يتيسر أي مصدر آخر هام للمعلومات عن العلم إلا من خلال ممارسة البحث العلمي. وتصب هذه المصادر جهدها على مجموعة جاهزة من المشكلات والمعطيات والنظريات سبق تحديدها وصياغتها في الغالب الأعم وفق مجموعة خاصة من النماذج الإرشادية التزم بها المجتمع العلمي وقت كتابتها. وتستهدف الكتب الدراسية توصيل مفردات وتراكيب اللغة العلمية المعاصرة. وتحاول جهود تبسيط العلوم والترويج لها إعلاميا عرض هذه التطبيقات ذاتها بلغة أقرب ما تكون إلى الحياة اليومية. كما وأن فلسفة العلوم، وبخاصة السائدة منها في العالم المتحدث بالإنجليزية، تعمد إلى تحليل البنية المنطقية لذات المجموعة من المعارف العلمية التي اكتملت وتم إنجازها. وإذا كانت المعالجة التفصيلية المسهبة سوف تنصب بالضرورة على أوجه التمايز الحقيقية بين هذه الأنواع الثلاثة، إلا أن ما يعنينا الآن هنا هو أوجه التشابه بينها. فالفئات الثلاث تسجل الناتج الثابت المستقر لثورات الماضي، وبذلك تعرض أسس وقواعد التقليد العلمي القياسي السائد. وهي لا تحتاج بغية الوفاء بوظيفتها إلى تقديم معلومات دقيقة وحقيقية عن الوسيلة التي أمكن بها معرفة تلك القواعد والأسس أول الأمر ثم كيف تمثلها الأخصائيون في مجال بذاته. وقد نجد أسبابا لها وجاهتها في حالة الكتب المدرسية على الأقل تبرر لماذا فيما يختص بهذه المسائل تقود قراءها على نحو منتظم في اتجاه مضلل؟.

أوضحنا في الفصل الثاني أن الركون المتزايد إلى الكتب المدرسية أو ما يعادلها اقترن دائما وأبدا بظهور أول نموذج إرشادي في أي مجال من مجالات العلم. وسوف يؤكد الفصل الختامي من دراستنا هذه على أن الهيمنة التي تمارسها هذه النصوص على علم ناضج تخلق فارقا واضحا

وهاما يميز بين نمط مساره التطوري وبين نمط المجالات الأخرى. ولكن لنسلم الآن مؤقتا، وإن اختلف الأمر من حيث الدرجة في مجالات البحث الأخرى، بأن المعارف العلمية لدى كل من الرجل العادي ورجل العلم المتخصص ترتكز بصورة لم يسبق لها مثيل في المجالات الأخرى على الكتب المدرسية وعلى عدد قليل آخر من أنواع الدراسات المشتقة منها. ولكن حيث أن الكتب المدرسية هي أدوات تربوية تهدف إلى ترسيخ العلم القياسي واستمراره فإنه يلزم إعادة كتابتها كلها أو بعضها كلما تغيرت لغة العلم القياسي أو بنية مشكلاته أو معاييره. صفوة القول إنه يتعين إعادة كتابتها عقب كل ثورة علمية. وما أن تتم كتابتها ثانية حتى تخفي بالحتم دور الثورات التي أفضت إليها، بل وتخفي أيضا وجود هذه الثورات ذاته. وما لم يعاين المرء شخصيا ثورة خلال حياته هو فإن الحس التاريخي، سواء لدى الباحث العلمي أو لدى القارئ غير المتخصص للدراسات العلمية، لا يمتد إلا إلى ناتج أحدث الثورات العلمية في هذا المجال.

وهكذا تبدأ الكتب المدرسية بوأد إحساس الباحث العلمي بتاريخ مبحثه ثم تشرع في تقديم بديل عما أسقطته. ومن السمات المميزة للكتب المدرسية أنها تشتمل فقط على عجالة سريعة وضئيلة عن التاريخ سواء في صورة فصل تعرضه بمثابة مدخل أو، في صورة ما يحدث غالبا، وهي إشارات متناثرة ومختصرة إلى الأعلام المبرزين في عصر سابق. وتعتبر هذه الإشارات هي المدخل لكل من الطلاب والباحثين المحترفين للإحساس بأنهم مشاركون في تراث تاريخي طويل الأمد. إلا أن التراث المستمد من الكتب المدرسية والذي يستشعر الباحثون العلميون من خلاله أنهم شركاء فيه هو شيء لم يوجد أبدا في واقع الأمر. فالكتب المدرسية، ولأسباب واضحة وعملية أساسا (وكذلك حالة كثير من كتب تاريخ العلوم القديمة)، لا تشير إلا إلى ذلك الجزء من جهود علماء الماضي الذي يمكن النظر إليه باعتباره إسهاما لعرض وبيان وحل مشكلات النموذج الإرشادي الذي تقوم عليه هذه الكتب الدراسية. وتعرض الكتب علماء العصور السابقة في صورة يغلب عليها الطابع الانتقائي حينا والتشويه حينا آخر، حيث يبدون وكأنهم عكفوا على دراسة وبحث نفس المجموعة من المشكلات الثابتة وانطلاقا من الالتزام بمجموعة واحدة ثابتة من القوانين التي توصف «بالعلمية» في نظر آخر

ثورة في مجال النظرية ومناهج البحث العلمية. ومن ثم فلا غرابة حين نقرر أن الكتب الدراسية والتراث التاريخي الذي تعرضه هذه الكتب يتعين إعادة كتابتهما عقب كل ثورة علمية. ولا غرابة أيضا أن يبدو العلم مرة ثانية وبعد إعادة كتابة الكتب الدراسية والتراث التاريخي للعلم في صورة يغلب عليها الطابع التراكمي.

وطبعي أن العلماء ليسوا هم الفئة الوحيدة التي تنزع إلى رؤية ماضي مبحثهم العلمي ينشأ ويتطور في خط واحد مستقيم صوب وضعه الراهن المتميز. إلا أن إغراء تسجيل التاريخ في اتجاه عكسي إغراء قائم في كل زمان ومكان. ولكن العلماء أكثر تأثرا بإغراء إعادة كتابة التاريخ. ويرجع ذلك من ناحية إلى أن نتائج البحث العلمي لا تكشف عن أي اعتماد واضح على السياق التاريخي للبحث، كما يرجع من ناحية أخرى إلى أن الوضع المعاصر للعلماء، باستثناء فترات الأزمة والثورة، يبدو وضعا آمنا. وإن المزيد من التفاصيل التاريخية، سواء عن حاضر العلم أم عن ماضيه، أو المزيد من المسؤولية والأهمية إزاء التفاصيل التاريخية المعروضة، قد لا يعطي سوى مكانة مصطنعة لخاصية الإنسان المزاجية وخطئه وتشوشه. لماذا التمجيد لشيء بذل العلم أقصى جهوده وأشدها جلدا وعنادا من أجل نبذه وإسقاطه؟ إن الانتقاص من الواقع التاريخي متأصل بعمق، وربما عمليا أيضا، في أيديولوجيا المهنة العلمية، وهي ذات الصنعة التي تسبغ أرفع القيم جميعها على تفاصيل واقعية من أنواع أخرى. ولقد أدرك وايتهد روح المجتمع العلمي عندما كتب يقول «إن علما يتردد في إغفال ذكر مؤسسيه علم خاسر ضائع». إلا أنه لم يكن على صواب كامل، ذلك لأن العلوم شأنها شأن المجالات المهنية الأخرى، بحاجة ماسة إلى إبطالها، ونجاهد في سبيل الحفاظ على ذكراهم. ولحسن الحظ أنه بدلا من إغفال ذكر هؤلاء الأبطال، استطاع العلماء أن يغفلوا ذكر أعمالهم، أو يغفلوا مراجعتها وتنقيحها.

والنتيجة نزوع راسخ من أجل جعل تاريخ العلم يبدو في صورة تاريخ يسير في خط مستقيم أو تراكمي، وهو ميل يؤثر على العلماء أنفسهم عندما يسترجعون أبحاثهم هم أنفسهم. مثال ذلك أن كل تفسيرات دالتون الثلاثة المتضاربة لتطور نظرته الذرية الكيميائية تجعله يبدو وكأنه كان معنيا فقط منذ تاريخ باكر بتلك المشكلات الكيميائية التي اشتهر بعد ذلك

بحلها. وواقع الأمر أن كل ما حدث فيما يبدو هو أن تلك المشكلات عرضت له هي وحلولها، ولم يكن عمله الإبداعي الأصيل حتى ذلك الحين قد قارب على الاكتمال [1] ولكن الشيء الذي تغفله جميع الروايات التي تحكي عن دالتون هو النتائج الثورية المترتبة على تطبيق مجموعة من المسائل والمفاهيم على مبحث الكيمياء بعد أن كانت قاصرة قبل ذلك على الفيزياء وعلى الأرصاد. هذا هو ما فعله دالتون وكانت نتيجته تعديلا في توجه مجال البحث، وهو تعديل علم الكيميائيين أن يسألوا أسئلة جديدة عن معطيات قديمة، ومن ثم يستخلصون منها نتائج جديدة.

مثال آخر، فقد كتب نيوتن أن جاليليو اكتشف أن القوة الثابتة للجاذبية تولد حركة متناسبة مع مربع الزمن. والواقع أن نظرية جاليليو الحركية «الكنماتية» تأخذ هذه الصورة إذا ما أدمجت في نسيج المفاهيم الدينامية لنيوتن. ولكن جاليليو لم يذكر شيئا من هذا القبيل. ونادرا ما ألمحت دراسته عن الأجسام الساقطة إلى القوى ناهيك عن ذكر قوة جاذبية منتظمة هي علة سقوط الأجسام[2]. وحين تسبغ رواية نيوتن على جاليليو فضل الإجابة على سؤال لم تكن تسمح بطرحه النماذج الإرشادية التي كان جاليليو يعمل في إطارها، فإنها بذلك تحجب النتيجة المترتبة على صياغة جديدة بسيطة ولكنها ثورية لأسئلة سألها العلماء عن الحركة ولإجابات شعروا أن بإمكانهم قبولها. بيد أن هذا هو بالتحديد نوع التغير في صياغة الأسئلة والإجابات الذي له قيمة تعنينا، وتفوق قيمته أهمية الاكتشافات التجريبية الجديدة في سبيل الانتقال من علم الحركة «الديناميكا» الأرسطية إلى علم حركة جاليليو ثم إلى نيوتن، ولكن الكتاب المدرسي يخفي هذه التغيرات، إذ ينزع إلى جعل تطور العلم يسير في خط مستقيم ومن ثم يحجب عملية تحتل قلب أهم أحداث التطور العلمي.

ويعرض المثالان السابقان، كل في إطار ثورة بذاتها، بدايات عملية لإعادة بناء التاريخ مما تنجزه عادة كتب تدريس العلوم بعد الثورة. بيد أن هذا الإنجاز، وهو إعادة بناء التاريخ، ينطوي في صورته النهائية على ما هو أكثر من مظاهر سوء فهم التاريخ التي أسلفنا الحديث عنها. ومن شأن مظاهر سوء الفهم هذه أن تحجب الثورات وتخفيها عن الأعين. إذ توحي طريقة عرض المادة العلمية في الكتب الدراسية بأن هناك عملية، لو وجدت، فإنها

تنكر على الثورات أي دور على الإطلاق. ونظرا لأن هذه الكتب الدراسية تهدف إلى تقديم عجالة لتعريف الطالب بما يشغل فكر المجتمع العلمي المعاصر وما يظن أنه يعرفه الآن، فإنها تعرض مختلف التجارب والمفاهيم والقوانين والنظريات السائدة في العلم القياسي آنذاك كلا على حده وعلى نحو متسلسل قدر المستطاع، وإن هذا الفن في العرض يعد عملا رائعا كوسيلة للتربية والتعليم. ولكن حين يرتبط هذا بالمناخ العام غير التاريخي الذي يسود الكتابات العلمية وبمظاهر سوء الفهم المنتظمة بين حين وآخر، التي أسلفنا عرضها، فسوف يهيمن على الأذهان انطباع قوى مترتب على ذلك. لقد وصل العلم إلى حالته الراهنة عن طريق سلسلة من الاكتشافات والابتكارات الفردية التي تؤلف معا، جماع المعارف التقنية الحديثة. ويفيد عرض الكتاب المدرسي ضمنا أن العلماء جاهدوا منذ بداية المشروع العلمي من أجل الأهداف الخاصة المحددة التي تجسدها النماذج الإرشادية التي نعرفها اليوم. واستطاع العلماء الواحد بعد الآخر، تماما مثل عملية البناء التي نضع فيها لبنة فوق أخرى، أن يضيف كل منهم حقيقة جديدة أو مفهوما أو قانونا أو نظرية إلى هيكل المعلومات الذي تعرضه النصوص الدراسية المعاصرة عن العلم.

بيد أن هذه ليست هي الطريقة التي تطور بها العلم. فإن أكثر ألغاز العلم القياسي المعاصر لم توجد إلا عقب أحدث ثورة علمية عرفناها مؤخرا. وأقل القليل هو هذا الذي يمكن أن نتتبعه ونقتفي أثره إلى البداية التاريخية للعلم الذي يتناولها الآن. ولقد سعت الأجيال الأولى في سبيل حل مشكلاتها هي بما تملكه من أدوات، وبما تيسر لها من قوانين. ولم تكن هذه المشكلات هي التي تغيرت فقط، بل الذي تغير هو مجمل شبكة الواقع والنظرية التي يحاول النموذج الإرشادي في الكتاب الدراسي أن يطابق بينها وبين الطبيعة. إذ هل ثبات التركيب الكيميائي، كمثال، هو مجرد واقع خبري بسيط كان يمكن للباحثين الكيميائيين أن يكتشفوه عن طريق التجربة في إطار أي من العوالم التي مارس فيها الباحثون الكيميائيون عملهم؟ أم أن الصواب أنه عنصر-وعنصر لا سبيل إلى الشك فيه وقتذاك-داخل بنية جديدة تضم معا الواقع والنظرية، وهي البنية التي لاءم دالتون بينها وبين المعارف الكيميائية السابقة في مجملها، ومن ثم أدى إلى تغير تلك المعارف أثناء مسار العملية؟

أم، ولنفس الأسباب، هل التسارع الثابت بفعل قوة ثابتة هو مجرد واقع كان على المتخصصين في علم الديناميكا أن يبحثوا عنه دائما التماساً لمعرفته، أم أنه، وهو الأصح، إجابة على سؤال أثير لأول مرة فقط ضمن إطار نظرية نيوتن وأن هذه النظرية تسنى لها أن تجيب عليه في ضوء مجموعة المعلومات المتاحة قبل طرح السؤال؟

إن هذه الأسئلة طرحناها هنا بشأن الوقائع التي تعرضها الكتب المدرسية فتبدو وكأنها وقائع اكتشفت مجزأة واحدة فواحدة. ولكن واضح أنها تنطوي بالمثل على دلالات حتمية بشأن ما تعرضه النصوص الدراسية في صورة نظريات. وطبعي أن تلك النظريات «تطابق الوقائع» ولكن فقط عن طريق تحويل المعلومات التي تسنى الوصول إليها مسبقا إلى وقائع لم تكن موجودة بتاتا في إطار النموذج الإرشادي السابق. معنى هذا أن النظريات أيضا لا تتطور مجزأة لتلائم الوقائع التي كانت موجودة دائما منذ الأبد. بل أنها تنبثق هي والوقائع التي تطابقها من خلال إعادة صياغة ثورية للتقليد العلمي السابق، وهو تقليد لم تكن فيه العلاقة التي صنعتها المعرفة، وسطا بين الباحث العلمي وبين الطبيعي، هي ذات العلاقة.

مثال آخر وأخير قد يوضح هذه النظرة عن أثر طريقة العرض في الكتاب الدراسي، على تصورنا للتطور العلمي. فالمعروف أن كل كتاب دراسي أولى عن الكيمياء لابد أن يناقش مفهوم العنصر الكيميائي. ويحدث دائما عند عرض هذا المفهوم أن يرد الكتاب نشأته إلى القرن السابع عشر على يد عالم الكيمياء روبرت بويل الذي يجد القارئ المدقق في كتابه «الكيميائي الشكاك»keptical Chemist تعريفا لمصطلح «العنصر» يقترب جدا من استخدامنا له اليوم. وهذه الإشارة إلى إسهامات بويل تساعد على أن يدرك الدارس المبتدئ أن الكيمياء لم تبدأ مع عقاقير السلفا. وتخبره، علاوة على هذا، أن من بين المهام التقليدية للباب العلمي اكتشاف مفاهيم من هذا القبيل، وثابت تماما أن هذا الأسلوب ناجح للغاية كجزء من العملية التربوية لتنشئة الباحث العلمي ليكون عالما. إلا أنه على الرغم من ذلك يعد صورة واضحة أخرى لطراز الأخطاء التاريخية التي تضلل كلا من الدارس المتخصص والرجل العادي بشأن فهم طبيعة المشروع العلمي.

وحسب ما ذهب إليه بويل، وقد كان على صواب، فإن «التعريف» الذي

وضعه لمصطلح عنصر لم يكن أكثر من صياغة جديدة لمفهوم كيميائي تقليدي. وصاغه بويل لسبب واحد وهو أن يثبت ألا وجود لشيء على هيئة عنصر كيميائي. ومن ثم نقول من حيث التاريخ أن التصور الذي يعرضه الكتاب الدراسي عن مساهمة بويل هو تصور خاطئ تماما [3]. وطبعي أن هذا خطأ تافه، وإن كان لا يزيد على أي عرض خاطئ آخر للمعلومات. ولكن ما ليس بتافه حقا فهو الانطباع الذي يترسب عن العلم عندما يصبح مثل هذا النوع من الخطأ مقبولا أول الأمر ثم يصبح جزءا أساسيا من بنية النص الدراسي. إن مفهوم «العنصر» شأنه شأن مفاهيم أخرى مثل «الزمان» أو «الطاقة» أو «القوة» أو«الجزيء» من المقومات الأساسية للكتاب الدراسي الذي لم يبتكر ولم يكتشف على الإطلاق. وتعريف بويل بخاصة يمكن تتبعه ابتداء من أرسطو على الأقل وعلى مدى العصور حتى لافوازييه في النصوص الحديثة. ولكن ليس معنى هذا أن العلم يملك المفهوم الحديث للعنصر منذ قديم الزمان. إن التعريفات اللفظية، مثل تعريف بويل، إذا تأملناها في ذاتها نجد أنها تنطوي على محتوى علمي ضئيل. فهي ليست تحديدات منطقية دقيقة للمعنى (على فرض وجود شيء كهذا) بل هي أقرب إلى الوسائل التربوية. وإن المفاهيم العلمية التي تشير إليها لا تكتسب دلالة كاملة إلا عند ربطها، ضمن نص دراسي أو أي طريقة عرض منهجي أخرى، بمفاهيم علمية أخرى، وتدابير إجرائية وبتطبيقات عملية لنموذج إرشادي. يلزم عن ذلك أن مفاهيم، مثل مفهوم العنصر، يكاد يكون من المتعذر ابتكارها مستقلة عن سياقها. علاوة على هذا فإنه نادر ما يكون ثمة داع لابتكارها، إذ طالما أن السياق موجود فإنها تكون ميسورة بالفعل بين يدي الباحث. ولقد سبق أن غير كل من بويل ولافوازييه الدلالة الكيميائية لمصطلح «عنصر» من خلال مجالات هامة. ولكنهما لم يبتكرا المفهوم بل ولا حتى غيرا الصياغة اللفظية التي تقوم مقام تعريف المفهوم. وكذلك الحال بالنسبة لآينشتين كما سبق أن رأينا، فهو لم يبتكر، بل ولم يضع صراحة تعريفا جديدا لمفهومي «المكان» و«الزمان» لكي يسبغ عليهما معنى جديدا في إطار جهوده.

إذن ماذا كان دور بويل التاريخي في هذا الجانب من جهوده العلمية أعني ذلك الدور الذي اشتمل على «التعريف» الشهير؟ كان رائدا لثورة علمية، ذلك لأنه حين غير العلاقة بين «العنصر» وبين المعالجة الكيميائية

أو النظرية الكيميائية حول بذلك المفهوم إلى أداة مختلفة تماما عما كان عليه قبل ذلك وحول من خلال هذه العملية كلا من علم الكيمياء ودنيا الباحث الكيميائي [4]. وكان لزاما حدوث ثورات أخرى، بما في ذلك الثورة التي يمثل لافوازييه محورها وذلك لإعطاء المفهوم صورته ووظيفته الجديدتين. غير أن بويل يعد بحق مثالا نموذجيا للعملية التي انطوت عليها كل مرحلة من هذه المراحل وكذلك لما يصيب هذه العملية عند تضمين المعارف القائمة في متن كتاب دراسي. فإن هذه الصيغة التربوية حددت، أكثر من أي جانب آخر من جوانب العلم، تصورنا لطبيعة العلم ولدور الاكتشاف والابتكار خلال مسيرته المتقدمة.

# 12 انحلال الثورات

الكتب الدراسية التي عرضنا لها توا لا تصدر إلا كحصاد مترتب على ثورة علمية. وتشكل هذه الكتب الأسس والقواعد لتقليد جديد للعلم القياسي. بيد أننا حين تناولنا بالبحث مسألة بنية هذه الكتب أغفلنا إحدى مراحلها. فما هي العملية اللازمة التي بها يحل نموذج إرشادي جديد محل نموذج سابق عليه؟ إن أي تفسير جديد للطبيعة، سواء أكان اكتشافا أم نظرية، ينبثق أولا في ذهن فرد أو بضعة أفراد. وهؤلاء هم أول من يتعلم أن يرى العلم والكون على نحو مختلف، وتتيسر لهم القدرة على الانتقال بفضل عاملين لا يتمتع بهما أكثر أبناء صنعتهم الآخرين. فإن اهتمامهم قد تركز على المشكلات التي أثارت الأزمة ولم يتحول. كما أنهم علاوة على هذا، يكونون حديثي السن، أو حديثي عهد بالمجال المثقل بالأزمة، ولذا فإن الممارسة لم تصل بهم بعد إلى الأعماق التي وصلت إليها مع غالبية معاصريهم من حيث النظرة إلى العالم، والقواعد التي حددها النموذج الإرشادي القديم. ولكن كيف استطاعوا تحويل كل أبناء صنعتهم أو تحويل أبناء جماعة البحث الفرعية المعنية بالموضوع؟ وماذا كان عليهم أن يفعلوا ليحققوا

هذا التحول في اتجاه نظرتهم هم إلى العلم وإلى العالم؟ وما هي الأسباب التي دعت هذا الفريق إلى نبذ تقليد بحثي مألوف لصالح تقليد آخر جديد؟

وحتى نتبين مدى الضرورة الملحة لهذه الأسئلة علينا أن نتذكر أن هذه هي البني الجديدة الوحيدة التي يمكن للمؤرخ أن يرد بها على تساؤل الفيلسوف عن سبل اختبار النظريات العلمية المستقرة، والتحقق من صوابها أو زيفها. ونعرف أن الباحث العلمي بقدر ما يكون معنيا بالعلم القياسي يكون حلالا لألغاز وليس باحثا يختبر صدق النماذج الإرشادية. وعلى الرغم من أنه وهو في خضم بحثه عن حل للغز معين يجرب عددا من الأساليب البديلة للمعالجة، وينحى جانبا كل ما يخفق في الوصول به إلى النتيجة المنشودة، إلا أنه في كل هذا لا يختبر النموذج الإرشادي. إنه بدلا من ذلك أشبه بلاعب الشطرنج حين تواجهه مشكلة وأمامه رقعة الشطرنج حقيقة مادية يتأملها في ذهنه ولكنه يجرب عديدا من الحركات البديلة بحثا عن حل لمشكلته. هذه المحاولات التجريبية سواء قام بها لاعب الشطرنج أو باحث علمي، ليست سوى تجارب ومحاولات خاصة بذاتها فقط دون أن تمتد لتشمل قواعد اللعبة. وتظل ممكنة فقط طالما وأن النموذج الإرشادي ذاته مأخوذ مأخذ التسليم. لهذا فإن اختبار النموذج الإرشادي لا يحدث إلا عقب فشل متصل وثابت زمنا طويلا في حل لغز هام يثير أزمة. وحتى هنا أيضا لا يحدث الاختبار إلا بعد أن يؤدى الشعور بالأزمة إلى تصور نموذج إرشادي بديل للقديم. والجدير بالملاحظة أن الوضع الاختباري في العلوم لا يتمثل، كما هو الحال في مجال حل الألغاز، في مجرد المقارنة بين نموذج إرشادي وحيد وبين الطبيعة، وإنما يحدث الاختبار كجزء من المنافسة بين نموذجين إرشاديين ندين بغية الفوز بولاء المجتمع العلمي.

ونحن إذا دققنا النظر في هذه الصيغة فإنها سوف تكشف لنا، عن نظيرين غير متوقعين وقد يكونان هامين، عن نظريتين فلسفيتين معاصرتين هما من أكثر النظريات ذيوعا، بشأن التحقق من صدق النظريات العلمية. فالمعروف أنه لم يبق غير عدد قليل من فلاسفة العلم الذين يلتمسون معايير مطلقة للتحقق من النظريات العلمية. وبعد أن يوضح هؤلاء أن لا سبيل إلى إخضاع أي نظرية لجميع الاختبارات الممكنة الوثيقة الصلة

بموضوعها، نجد أنهم لا يسألون عما إذا كان قد أمكن التحقق من صدق النظرية موضوع البحث، بل يسألون بالأحرى عن درجة احتمال صدقها في ضوء البينات. وللإجابة على هذا السؤال اضطرت مدرسة لها شأن كبير إلى المقارنة بين قدرات النظريات المختلفة على تفسير البينات المتوافرة. وإن هذا الإصرار على مقارنة النظريات يعد أيضا سمة مميزة للموقف التاريخي الذي يتم في إطاره قبول نظرية جديدة. ولعل الأمر المرجح للغاية هو أن ذلك إنما يكشف عن أحد الاتجاهات التي ستسير فيها مستقبلا الدراسات المعنية بمسألة التحقق.

بيد أن نظريات التحقق على أساس الاحتمالات في أكثر صورها عمومية تستعين جميعها بهذه اللغة أو تلك من لغات المشاهدة البحتة أو المحايدة التي أسلفنا الحديث عنها في الفصل العاشر. وتدعونا إحدى نظريات مذهب الاحتمالات إلى أن نقارن بين النظرية العلمية المعطاة وبين جميع النظريات الأخرى التي يمكن تخيلها لمطابقة مجموعة معطيات المشاهدة نفسها. وتدعونا نظرية أخرى إلى أن نبني في المخيلة جميع الاختبارات التي نتصور أن بالإمكان تطبيقها على النظرية العلمية التي بين أيدينا [1]. وواضح أن مثل هذا البناء الذهني ضروري لحساب الاحتمالات النوعية، مطلقة أو نسبية، وأن من العسير تبين كيف يمكن إنجاز مثل هذا البناء. فإذا كان من غير المستطاع، كما سبق لي أن أكدت بإلحاح، إيجاد نسق للغة أو المفاهيم محايد علميا أو تجريبيا، إذن فإن البناء الذهني المقترح للاختبارات والنظريات البديلة لا بد أن يبدأ من خلال هذا التقليد أو ذاك المرتكز على نموذج إرشادي. وإذا اقتصر الأمر على ذلك فلن يكون من سبيل للوصول إلى جمع الخبرات الممكنة أو إلى جميع النظريات الممكنة. والنتيجة هي أن تحجب نظريات المذهب الاحتمالي حالة التحقق بقدر ما توضحها. وعلى الرغم من أن هذه الحالة، كما تؤكد هذه النظريات، تعتمد على المقارنة بين النظريات وبين براهين هامة ذائعة على أوسع نطاق، إلا أن النظريات والمشاهدات موضوع الخلاف تكون دائما وأبدا مرتبطة ارتباطا وثيقا بنظريات ومشاهدات موجودة بالفعل. إن التحقق شبيه بعملية الانتخاب الطبيعي: إذ ينتقى الأقدر على البقاء من بين البدائل القائمة فعلا في موقف تاريخي بذاته. أما عن الاختيار وهل هو أفضل ما كان يمكن عمله لو

كانت لا تزال هناك بدائل أخرى متاحة، أو لو أن المعطيات كانت من نوع آخر، فإن هذا سؤال لا يجدي طرحه. إذ لا نملك أدوات يمكن استخدامها التماسا لإجابات عليه.

ولكن هناك نهج مختلف تماما في تناول جماع شبكة المشكلات، ونعنى به نهج كارل د. بوبر الذي ينكر وجود أي تدابير للتحقق على الإطلاق[2]. إذ يؤكد بدلا من ذلك على أهمية إثبات الزيف، أي التحقق من زيف الاختبار وذلك لأن نتيجته سالبة وتقضى بضرورة رفض نظرية ثابتة. وواضح أن الدور المنسوب لإثبات الزيف يشبه كثيرا الدور الذي تعزوه دراستنا هذه إلى التجارب الشاذة، أي إلى وقائع التجارب التي تمهد السبيل، من خلال إثارة الأزمة، لظهور نظرية جديدة. ومع هذا فقد لا يتسنى المطابقة بين التجارب الشاذة وبين التجارب اللازمة لإثبات الزيف. والحقيقة أنني أشك في وجود هذه الأخيرة. فكما سبق لي أن أكدت مرارا فإنه لا توجد النظرية التي تحل جميع الألغاز التي تواجهها في وقت بذاته، كما وأن الحلول التي يتم الوصول إليها نادرا ما تكون حلولا كاملة. بل على العكس، فإن هذا النقص والقصور اللذان يشوبان المطابقة بين المعطيات والنظريات القائمة هما اللذان يحددان، في أي فترة من الزمن، كثيرا من الألغاز المميزة للعلم القياسي. ولو أن كل فشل نواجهه في سبيل إثبات هذا التطابق يوجب رفض النظرية إذن لانتهى الأمر بنبذ جميع النظريات في كل الأزمان. ولكن من ناحية أخرى لو أن الفشل الذريع في المطابقة هو وحده الذي يبرر نبذ النظرية، إذن لاحتاج أنصار بوبر إلى معيار لتحديد «اللاأحتمالية» أو «درجة إثبات الزيف». وإذا ما عمدوا إلى استحداث هذا المعيار فسوف يجابهون يقينا نفس شبكة الصعاب التي اعترضت دعاة مختلف نظريات التحقق في المذهب الاحتمالي.

إن الكثير من المشكلات السابقة يمكن تجنبها إذا ما سلمنا بأن كلا من هذين التصورين الذائعين والمتعارضين بشأن المنطق الأساسي للبحث العلمي، حاول دمج عمليتين متمايزتين إلى حد كبير في عملية واحدة. إن الخبرة الشاذة التي يحدثنا عنها بوبر ذات شأن كبير للعلوم نظرا لأنها تشجع على وجود نماذج منافسة للنموذج الإرشادي القائم. ولكن إثبات الزيف، وإن كان يحدث فعلا، إلا أنه لا يحدث مع أو بسبب ظهور حالة شذوذ أو حالة

تكشف عن الزيف، بل إنه على العكس من ذلك عملية تالية ومنفصلة ويمكن بالمثل أن نصممها عملية تحقق حيث أنها تمثل انتصارا لنموذج إرشادى جديد على النموذج الإرشادي القديم. علاوة على هذا فإن تلك المحملية المشتركة التي تجمع بين التحقق وإثبات الزيف هي التي تقول فيها المقارنة بين النظريات على أساس المذهب الاحتمالي بدور مركزي. وأعتقد أن هذه الصياغة ذات المرحلتين لها ميزة أنها تنطوي على قدر كبير من احتمال الصدق، كما أنها قد تمكننا من أن نشرع في التحليل المنطقي لدور الاتفاق (أو عدم الاتفاق) بين الواقع والنظرية في عملية التحقق. وقد لا يهم فيها، بالنسبة للمؤرخ على الأقل، القول بأن التحقق يثبت تطابق الواقع والنظرية. فإن جميع النظريات ذات الشأن الكبير تاريخيا تطابقت مع الوقائع ولكن على نحو تقريبي فقط. ولا توجد إجابة أكثر دقة وتحديدا على سؤال: ماذا كانت، أو إلى أي مدى، تتطابق نظرية بذاتها مع الوقائع. ولكن أسئلة شديدة الشبة بذلك يمكن أن نطرحها عندما تؤخذ النظريات جملة، أو حتى مثنى مثنى، ذلك أن من المفيد كثيرا أن نسأل أي من النظريتين المتنافستين والقائمتين فعلا تتطابق على نحو أفضل مع الوقائع. محال ذلك أنه على الرغم من أن أيا من نظرية بريستلي أو نظرية لافوازييه لم تتطابق بدقة مع المشاهدات القائمة إلا أن عددا قليلا من الباحثين المعاصرين آنذاك ظلوا مترددين لأكثر من عقد كامل في الوصول إلى نتيجة مؤداها أن نظرية لافوازييه أفضل النظريتين ملاءمة.

بيد أن هذه الطريقة في عرض الأمور تجعل مهمة الاختيار بين النموذجين الإرشاديين تبدو وكأنها أيسر وأكثر ألفه مما هي عليه. فلو لم تكن هناك غير مجموعة واحدة من المشكلات العلمية، وعالم واحد يجرى في إطاره العمل على معالجتها، ومجموعة واحدة من المعايير لحلها، فإن المنافسة بشأن النموذج الإرشادي يمكن حسمها بدرجة أو بأخرى على نحو معتاد «روتيني» وذلك عن طريق عملية تشبه حصر عدد المشكلات التي يحلها كل نموذج. ولكن الواقع يؤكد أن الأمور ليست على هذا النحو. فالملاحظ أن دعاة النماذج الإرشادية المتنافسة هم دائما أصحاب أغراض متعارضة ولو تعارضا طفيفا على أقل تقدير. ولن يسلم أي من الجانبين بجميع الافتراضات غير التجريبية التي يحتاج إليها الطرف الآخر لإثبات قضيته.

مثال ذلك ما كان من أمر بروست وبرتوليت اللذين تجادلا بشأن تكوين المركبات الكيميائية فبدا جدالهما كأنه حوار طرشان. وعلى الرغم من أن كلا منهما كان يأمل في أن يظفر بالآخر ويحوله إلى طريقته في النظر إلى مبحثه العلمي ومشكلاته إلا أن أيا منهما لم يكن ليأمل في إقامة الدليل لإثبات دعواه. ذلك لأن التنافس بين النموذجين الإرشاديين ليست من نوع المعركة التي يمكن حسمها بالبراهين.

لقد لمسنا من قبل أسبابا عديدة توضح لنا لماذا لا بد أن يخفق أنصار النماذج الإرشادية المتنافسة في تحقيق اتصال كامل بين وجهات نظرهما. ووصفت هذه الأسباب إجمالا بأنها لا قياسية أي لا تقبل قياس أحدها على الآخر لانعدام التجانس بين التقاليد العلمية القياسية المعتادة فيما قبل وفيما بعد الثورة، وهو ما نحن بحاجة إلى إعادة عرضه بإيجاز هنا. أولا أن أنصار النماذج الإرشادية المتنافسة سوف يختلفون في الغالب بشأن قائمة المشكلات التي يتعين على أي بديل جديد للنموذج الإرشادي أن يحلها. ذلك لأن معاييرهم وتعريفاتهم للعلم ليست واحدة. إذ هل يلزم أن تفسر نظرية كن الحركة سبب قوى التجاذب بين جزيئات المادة أم قد يكفي التسليم بوجود مثل هذه القوى؟ لقد قنعت ديناميكا نيوتن بالحل الثاني على خلاف نظريتي أرسطو وديكارت، ومن ثم كان مصيرها الرفض. وعندما أضحت نظرية نيوتن مقبولة انتفى السؤال من مجال البحث العالمي. بيد أن هذا السؤال كان هو السؤال الذي زعمت النسبية العامة في زهو وخيلاء أنها حلته. مثال آخر: كان شائعا خلال القرن التاسع عشر أن نظرية لافوازييه الكيميائية منعت الكيميائيين من أن يسألوا لماذا هذا التشابه الشديد بين المعادن، وهو سؤال طرحته كيمياء الفلوجستون وأجابت عليه. ولقد كان الانتقال إلى النموذج الإرشادي الذي وضعه لافوازييه، شأنه شأن الانتقال إلى النموذج الإرشادي الذي وضعه نيوتن، يعني اختفاء سؤال جائزا ومشروعا حتى ذلك الحين كما يعنى أيضا اختفاء حل تم الوصول إليه. بيد أن هذه الخسارة لم تدم طويلا. ففي القرن العشرين دخلت ثانية مجال العلم أسئلة عن نوعيات المواد الكيميائية مقترنة ببعض الإجابات عليها.

ولكن لا قياسية معايير الحل التي تحول دون مقارنة بعضها ببعض ليست سوى جانب واحد من جوانب المشكلة. إذ نظرا لأن النماذج الإرشادية

الجديدة تولد عن القديمة فإنها عادة تتضمن قدرا كبيرا من المفردات اللغوية والأدوات سواء مفاهيمية أو إجرائية، التي سبق أن استخدمها النموذج الإرشادي القديم. ولكنها نادرا ما تستخدم هذه العناصر المستعارة بنفس الأسلوب التقليدي. فالمصطلحات والمفاهيم والتجارب القديمة حين تصبح في إطار النموذج الإرشادي الجديد تدخل في علاقات جديدة مع بعضها بعضا. والنتيجة الحتمية لذلك هي ما يجب أن نسميه، على الرغم من أن المصطلح ليس صوابا تماما، سوء فهم بين المدرستين المتنافستين. فإن الناس العاديين الذين سخروا من النظرية النسبية العامة لآينشتين لأن المكان لا يمكن أن «ينحني»-وإن لم يكن الأمر على هذا النحو-لم يكونوا على خطأ. وكذلك الحال بالنسبة لعلماء الرياضيات والطبيعة والفلاسفة الذين حاولوا استحداث صورة إقليدية لنظرية آينشتين[3]. ذلك لأن المكان في الماضي كان يقصد به مكانا مسطحا ومتجانسا وموحد الخواص وغير متأثر بوجود المادة. ولو لم تكن صورته كذلك لما أفادت فيزياء نيوتن شيئا. ومن ثم فلكي يتم الانتقال إلى صورة الكون التي قدمها آينشتين كان لا بد من أن يتحول مجموع النسيج المفاهيمي الذي تمثل جدائله المكان والزمان والمادة والقوى وما إلى ذلك، أي لابد من إبداله ثم ملاءمته من جديد مع الطبيعة كلها. ولن يكتشف بالدقة موضع الاتفاق أو الاختلاف إلا أولئك الذين أنجزوا تماما أو أخفقوا في إنجاز ذلك التحول. فالاتصال عبر هذا الخط الثوري الفاصل هو بالحتم اتصال جزئي. ولنتأمل معا، مثالا واحدا آخر، أولئك الذين زعموا أن كوبرنيكوس مجنون لأنه ادعى أن الأرض تتحرك. فإن ما قالوه لم يكن مجرد خطأ عابر ولا خطأ متعمد تماما بكل ما في الكلمة من معنى. فإن «الأرض» تعنى من بين ما تعنى عندهم موضعا ثابتا. ومن ثم فأرضهم على أقل تقدير لا يمكن لها أن تتحرك. وبالمقابل فإن التجديد الذي أضافه كوبرنيكوس لم يكن التجديد في أسلوب مبتكر جملة وتفصيلا في النظر إلى مشكلات الفيزياء والفلك وهو أسلوب أدى إلى تغيير معنى كل من كلمتي الأرض و«الحركة» [4]. وطبعي أنه بدون تلك التحولات كان مفهوم الأرض المتحركة جنونا. ومن ناحية أخرى، فما أن سادت هذه التغيرات وأضحت مفهومة حتى استطاع كل من ديكارت وهوجينز إدراك أن حركة الأرض كانت مسألة غير ذات موضوع بالنسبة للعلم [5].

تشير هذه الأمثلة إلى الجانب الثالث والأكثر أساسية لحالة لا قياسية النماذج الإرشادية المتنافسة إذ يمكن القول بمعنى من المعاني، أجدني عاجزا عن الإبانة عنه بوضوح أكبر، إن أنصار النماذج الإرشادية المتنافسة يمارسون نشاطاتهم في عوالم مختلفة، أحدها يشتمل على أجسام تسقط ببطء سقوطا قسريا، والثاني يشتمل على بندولات تردد حركاتها مرارا وتكرارا. وفي أحد العوالم نجد المحاليل مركبات وفي الآخر أخلاطا. ونسيج المكان في أحدها مسطح منبسط وفي الآخر منحنى. أما فريقا العلماء اللذان يعملان في عالمين مختلفين فإنهم يرون أشياء متباينة عندما ينظرون من نفس النقطة وفي نفس الاتجاه. وليس معنى هذا أن بوسعهم أن يروا أي شيء يحلو لهم. فكلا الفريقين إنما ينظران إلى العالم من حولهما، وما ينظرون إليه لم يتغير. بيد أنهم في بعض المجالات يرون أشياء مختلفة، ويرونها في علاقات مختلفة مع بعضها بعضا. وهذا هو السبب في أن قانونا ما لا يمكن مجرد عرضه لفريق من العلماء في حين أنه قد يبدو أحيانا واضحا وضوحا حدسيا لفريق آخر. وبالمثل ذلك هو السبب في أن هذا الفريق أو ذاك، من قبل أن يراوده الأمل في تحقيق اتصال كامل متبادل، لا بد أن يعايش التحول إلى الاتجاه الآخر الذي أطلقنا عليه عبارة تحول النموذج الإرشادي. ونظرا لأن هذا التحول هو انتقال بين أمرين لا قياس بينهما، فإن الانتقال بين النموذجين الإرشاديين المتنافسين لا يمكن عمله على مراحل صغيرة متدرجة في الوقت المناسب مدفوعين بقوة المنطق والخبرة المحايدة. إنه أشبه بالتحول الجشطلتي، يتعين وقوعه دفعة واحدة (وليس بالضروري في لحظة) وإلا فلا يحدث أبدا.

كيف إذن يدفع العلماء إلى تغيير الأوضاع على هذا النحو؟ جانب من الإجابة أنهم في الغالب الأعم لا يدفعون إلى ذلك. إن مذهب كوبرنيكوس. لم يحول غير عدد قليل من العلماء عن معتقدهم على مدى قرن من الزمان تقريبا بعد وفاة كوبرنيكوس. وكذلك أعمال نيوتن لم تحظ بالقبول العام، خاصة داخل القارة الأوروبية، على مدى يزيد عن نصف قرن بعد صدور كتابه الأسس «البرنكيبيا»[6]. ولم يوافق بريستلي أبدا على نظرية الأكسجين، وكذلك رفض لورد كلفن النظرية الكهرومغنطيسية، هكذا. وكثيرا ما شهد العلماء أنفسهم بمشكلات التحول عن المعتقد القديم. فها هو داروين يذيل

كتابه «أصل الأنواع» بفقرة تتسم ببصيرة نافذة يقول فيها: «على الرغم من أنني مقتنع تماما بصدق الآراء الواردة في هذا الكتاب...... إلا أنني لا أتوقع أبدا أن أقنع علماء الطبيعة ذوى الخبرة الطويلة ممن زخرت عقولهم بمخزون ضخم من الوقائع ظلوا جميعا ينظرون إليها، وعلى مدى سنوات طوال من زاوية تتعارض مع نظرتي تعارضا مباشرا......... بيد أنني أرنو في ثقة إلى المستقبل-إلى جيل الشباب والجيل الصاعد من علماء الطبيعة، فهؤلاء سيكون باستطاعتهم النظر بحياد كامل إلى جانبي المسألة»[7]. وهاهو أيضا ماكسي بلانك يستعرض سيرته الذاتية في مجال العلم في كتابه «حياتي العلمية»، ونراه يشير في أسى إلى أن «الحقيقة العلمية الجديدة لا تنتصر عن طريق إقناع خصومها وجعلهم يرون الضوء، بل إنها تنتصر بالأحرى لأن خصومها قضوا ووافتهم المنية آخر الأمر، وشب جيل جديد على ألفة معها»[8].

هذه الوقائع، ومثلها كثير، معروفة وشائعة بين الجميع بحيث لا تحتاج إلى مزيد من التأكيد ولكنها بحاجة إلى تقييم جديد. ذلك لأن البعض كان يستشهد بها في الماضي للدلالة على أن العلماء، وهم بشر مثل غيرهم، لا يعترفون أبدا بأخطائهم حتى وأن جوبهوا بالبرهان القاطع المفحم. غير أنني أود أن أؤكد أن الخلاف هنا لا ينصب على البرهان ولا على الخطأ. إن تحول الولاء من نموذج إرشادي إلى نموذج إرشادي آخر هو تحول أو انقلاب في الخبرة لا يمكن فرضه قسرا. والمقاومة على مدى الحياة، خاصة من جانب أولئك الذين ألزمتهم حياتهم العلمية المثمرة بتقاليد العلم القياسي القديم، لا تعد خرقا لمعايير العلم بل مؤشرا يدل على طبيعة البحث العلمي ذاته. ومنبع المقاومة هو الثقة بأن النموذج الإرشادي القديم سوف يتمكن في نهاية المطاف من حل جميع المشكلات، ومن أن الطبيعة يمكن دفعها دفعا داخل الوعاء الذي يحدده لنا النموذج الإرشادي. والشيء الحتمي أن هذه الثقة تبدو في أوقات الثورة عنيدة شموسا. بيد أنها أيضا شيء آخر أكثر من ذلك. فإن هذه الثقة ذاتها هي التي تجعل العلم القياسي أو العلم المتمثل في صورة حل ألغاز أمرا ممكنا. وأنه من خلال العلم القياسي وحده ينجح المجتمع المهني للعلماء أولا في استثمار كل ما هو ممكن من حيث نطاق ودقة النموذج الإرشادي القديم، وثانيا في فرز المشكلة

التي يمكن أن ينبثق، من خلال دراستها، النموذج الإرشادي الجديد.

يبقى أن نقول إن المقاومة أمر حتمي ومشروع، وأن تغير النموذج الإرشادي لا يمكن تبريره بالبرهان، كل هذا لا يعنى أن الحجج لا قيمة لها، ولا أن لا سبيل لإقناع العلماء بتغيير أفكارهم. وعلى الرغم من أن إتمام التحول يستغرق أحيانا جيلا كاملا، إلا أن المجتمعات العلمية تتحول دائما وأبدا إلى النماذج الإرشادية الجديدة. زد على ذلك أن هذه التحولات تحدث لا على الرغم من أن العلماء بشر بل لأنهم بشر. وإذا كان بعض العلماء خاصة الشيوخ منهم والأكثر والأطول خبرة قد يقاومون لزمن غير محدد. إلا أن بالإمكان استمالة الكثيرين منهم بوسيلة أو بأخرى. إذ تطرد التحولات قليلا قليلا حتى توافي المنية آخر من آثر التشبث في عناد بالفكر القديم، وعندئذ تعود المهنة جميعها إلى العمل في ظل نموذج إرشادي واحد ولكنه مختلف عن سابقة، لذلك يتعين علينا أن نسأل كيف يجرى الاقتناع بالتحول؟ وكيف تجرى مقاومته؟

ترى ما نوع الإجابة التي نتوقعها على هذا السؤال؟ حيث أنه سؤال موجه فقط بشأن تقنيات الإقناع، أو بشأن الحجة والحجة المقابلة في موقف لا مجال فيه لبرهان، لذا نعتبره سؤالا جديدا، يستلزم نوعا من الدراسة غير مسبوقة. وسوف يتعين علينا أن نقنع بنظرة عامة انطباعية وجزئية للغاية. أضف إلى ذلك أن ما سبق قوله يؤلف مع هذه النظرة العامة كلا واحدا يفيد بأننا حين نسأل عن الإقناع دون البرهان، فإن السؤال عن طبيعة الحجة العلمية لن تكون له إجابة وحيدة أو متسقة. إن العلماء كأفراد حين يؤمنون بنموذج إرشادي جديد إنما يفعلون ذلك لشتى الأسباب، وغالبا يكون ذلك لعدة أسباب في وقت واحد. وبعض هذه الأسباب- مثال ذلك عبادة الشمس التي ساعدت على جعل كيبلر يؤمن بنظرية كوبرنيكوس-تقع خارج دائرة العلم الظاهرة [9]. وهناك أسباب أخرى رهن بالخصوصيات المزاجية للسيرة الذاتية والشخصية. بل إن الجنسية القومية أو الشهرة السابقة للباحث المجدد وكذلك معلموه يمكن أن يكون لهم أحيانا دور هام[10]، ومن ثم يتعين علينا في النهاية أن نسأل السؤال بصيغة أخرى. فلن يكون شاغلنا هنا الحجج التي تفضي إلى تحول هذا الباحث الفرد أو ذلك، بل إن ما يعنينا هو نوع الجماعة التي تعمد دائما، إن آجلا أم عاجلا،

إلى إعادة، تشكيل نفسها كفريق واحد. بيد أنني أرجئ تلك المشكلة إلى الفصل الأخير، قانعا الآن بدراسة بعض أنواع الحجج التي ثبت أنها فعالة ومؤثرة بوجه خاص في المعارك التي تدور بشأن تغيير النموذج الإرشادي.

لعل الحجة الوحيدة الأكثر شيوعا على لسان دعاة كل نموذج إرشادي جديد هي الزعم أن باستطاعتهم حل المشكلات التي قادت النموذج الإرشادي القديم إلى أزمة. وحين يقال هذا على أساس منطقي صحيح فغالبا ما يكون هذا الزعم أكثر المزاعم المحتملة فعالية وتأثيرا، ذلك لأن الحديث موجة إلى جماعة للبحث العلمي يعرف كل واحد فيها أن النموذج الإرشادي في مجال بحثه يعانى من مشكلة. وطبعي أن هذه المشكلة كشفت عن نفسها مرارا. وبذلت محاولات للتغلب عليها، ولكن ثبت فشل هذه المحاولات المرة تلو الأخرى. فتوضع وتجرى «التجارب الحاسمة»-أي تلك التجارب القادرة على أن تمايز بحدة كاملة بين النموذجين الإرشاديين-ويجري اختبار صدقها حتى قبل ابتداع النموذج الإرشادي الجديد. مثال ذلك ما زعمه كوبرنيكوس من أنه حل المشكلة المزمنة الخاصة بطول السنة الشمسية، وما زعمه نيوتن من أنه وفق بين الميكانيكا الأرضية والسماوية، وكذلك ما زعمه لافوازييه من أنه حل مشكلات تحديد هوية الغاز، وعلاقات الأوزان، وما زعمه آينشتين من أنه جعل علم الديناميكا الكهربية يتسق مع شكل منقح.

ومن المرجح بخاصة أن تنجح المزاعم التي من هذا النوع إذا ما كشف النموذج الإرشادي الجديد عن قدر من الدقة والإحكام الكمي يفوق بهما منافسة القديم على نحو لافت للنظر. فإن التفوق الكمي لجداول كيبلر الردولفينية (*) على جميع الجداول الأخرى التي جرى حسابها وفق نظرية بطليموس كان عاملا أساسيا في تحول علماء الفلك إلى مذهب كوبرنيكوس. ولعل نجاح نيوتن في التنبؤ بأرصاد فلكية كمية كان السبب الوحيد الأهم في انتصار نظريته على النظريات الكيفية المنافسة لها والأكثر معقولية واتساقا منها. وكذلك ما لمسناه في القرن العشرين فإن النجاح الكمي المذهل لكل من قانون بلانك عن الإشعاعات ونظرية بور عن الذرة أقنع بسرعة كثيرين من علماء الفيزياء بتبنى النظريتين على الرغم من أنهما في ضوء علم الفيزياء ككل، قد خلقتا مشكلات أكثر من المشكلات التي أمكن حلها بهما (11).

بيد أن الزعم بحل المشكلات المثيرة للأزمة نادرا ما يكفي وحده. بل وليس بالإمكان دائما وأبدا الادعاء بذلك على نحو صحيح مشروع. فالواقع أن نظرية كوبرنيكوس لم تكن أدق من نظرية بطليموس، ولم تفض مباشرة إلى أي تحسن في التقويم الشمسي. وكذلك الحال أيضا بالنسبة للنظرية الموجية عن الضوء فقد ظلت لعدة سنوات بعد الإعلان عنها لأول مرة، دون النظرية الجسيمية المنافسة لها من حيث نجاحها في حسم آثار الاستقطاب التي كانت سببا أساسيا في نشوء أزمة علم البصريات. إذ نلحظ أحيانا أن الممارسة الأكثر تحررا التي تميز البحوث غير المألوفة ينشأ عنها بديل احتياطي للنموذج الإرشادي لا يسهم بشيء في بداية الأمر بالنسبة لحل المشكلات التي أثارت الأزمة. وعندما يحدث ذلك يصبح لزاما الاستشهاد ببراهين مستمدة من قطاعات أخرى من ميدان البحث وهو ما يحدث غالبا. وتكون الحجج المستمدة من تلك المجالات مقنعة على نحو متميز إذا ما كان النموذج الإرشادي الجديد يسمح بالتبوء بالظواهر التي ظلت غير ملحوظة وقتما كان النموذج القديم سائدا.

مثال ذلك أن نظرية كوبرنيكوس أفادت بأن الكواكب لا بد أن تكون مثل الأرض، وأن كوكب الزهرة له عدة أطوار، وأن الكون أرحب وأكبر كثيرا مما كان متوقعا في السابق. ونتيجة لذلك عندما كشف المرقاب «التلسكوب» فجأة بعد وفاة كوبرنيكوس بستين عاما عن وجود جبال فوق سطح القمر، وعن أطوار كوكب الزهرة وعن عدد هائل من النجوم التي لم تكن متوقعة قبل ذلك، أدت كل هذه المشاهدات إلى تحول عدد كبير جدا من الباحثين إلى النظرية الجديدة خاصة من بين غير المشتغلين بعلم الفلك [12]. أما عن النظرية الموجية فإن ثمة سببا رئيسيا أكثر درامية دفع أصحاب التخصص إلى التحول عن نظرتهم التقليدية. فقد انهارت فجأة المقاومة الفرنسية حتى ليمكن القول إنها انهارت نسبيا بالكامل عندما استطاع فريزنل أن يثبت وجود بقعة بيضاء عند مركز ظل قرص دائري. وكانت هذه نتيجة لم يكن هو نفسه يتوقعها، فقد أوضح بواسون، وقد كان في البداية أحد خصومة، أنها نتيجة لازمة بالضرورة عن نظرية فريزنل وإن تكن سخيفة[13]. ولقد ثبت أن الحجج المماثلة مقنعة بصورة متميزة نظرا لما تحدثه من صدمة، ولأنها لم تكن منذ البداية جزءا واضحا من نسيج النظرية الجديدة.

ويمكن أحيانا استثمار قوة الإقناع هذه حتى ولو كانت الظاهرة موضوع البحث سبق رصدها قبل تقديم النظرية التي تفسرها بزمن طويل. مثال ذلك أن آينشتين لم يكن يتوقع، فيما يبدو، أن النظرية النسبية العامة ستفسر بدقة الشذوذ المعروف في حركة نقطة الحضيض لكوكب عطارد، وأحس بزهو الانتصار حين ثبت له ذلك [14].

وأن جميع الحجج المؤيدة لنموذج إرشادي جديد، والتي عرضنا لها بالدراسة حتى الآن، إنما ترتكز على القدرة النسبية للمتنافسين على حل المشكلات. ويرى العلماء أن تلك الحجج تمثل عادة أهم الحجج وأقدرها على الإقناع. ولعل الأمثلة السابقة لم تدع ظلا للشك فيما يختص ببيان مصدر قوة تأثير هذه الفكرة. بيد أن هذه الحجج، ولأسباب سنعود إليها بعد قليل، ليست ملزمة سواء أخذناها فرادى أو جملة واحدة. وهناك أيضا لحسن الحظ نوع آخر من التفكير يمكن أن يقود العلماء إلى نبذ نموذج إرشادي قديم لصالح آخر جديد. ونعنى به الحجج، التي نادرا ما يبديها أصحابها صراحة ولكنها تستهوى حس الفرد بالملاءمة أو حسه الجمالي-إذ يقال أن النظرية الجديدة «أحكم» أو «أكثر ملاءمة» أو «أبسط» من القديمة. وقد تكون مثل هذه الحجج أقل فعالية في مجال العلوم منها في مجال الرياضيات. إذ أن أكثر النماذج الإرشادية الجديدة تبدو في أول أمرها في صورة فجة. ثم تنمو مع الوقت عوامل جاذبيتها الجمالية، ولكن يحدث هذا بعد أن يكون أكثر أبناء المجتمع العلمي قد اقتنع بها عن طريق وسائل أخرى. غير أن الاعتبارات الجمالية يكون لها أحيانا أهمية حاسمة. إذ على الرغم من أنها لا تستهوى في الغالب سوى عدد قليل من العلماء فتجذبهم إلى النظرية الجديدة إلا أن هذه الفئة القليلة قد يتوقف عليها الانتصار الأخير. فلولا انحيازهم السريع إليها، لأسباب شخصية إلى حد كبير، ربما ما كان ليتطور أبدا البديل الجديد للنموذج الإرشادي تطورا كافيا ليجذب إليه ولاء المجتمع العلمي في مجموعه.

وحتى نتبين سبب أهمية هذه الاعتبارات التي يغلب عليها الطابع الشخصي والجمالي، لنتذكر الموضوع الذي يدور الجدال حوله عند تأييد نموذج إرشادي. فالملاحظ عند اقتراح بديل جديد لنموذج إرشادي لأول مرة، قلما يكون هذا البديل قد حل أكثر من بضع مشكلات جابهته، وأن

غالبية هذه الحلول لا تزال بعيدة عن درجة الكمال. فنظرية كوبرنيكوس لم تكن قد استطاعت بعد أن تدخل تحسينات على تنبؤات بطليموس بشأن أوضاع الكواكب إلى أن جاء كيبلر. وعندما نظر لافوازييه إلى الأكسجين باعتباره «الهواء ذاته برمته» لم تكن نظريته الجديدة قد استطاعت حل المشكلات التي يطرحها تكاثر الغازات الجديدة، وهذه نقطة أفاد منها بريستلي بنجاح عظيم في هجومه المضاد. والحالات المشابهة للنقطة البيضاء التي تحدث عنها فريزنل نادرة جدا. والمعتاد، أنه في فترة متأخرة جدا، أن تبرز الحجج التي تبدو حججا مفحمة بعد أن يكون النموذج الإرشادي الجديد قد نما وتطور وأصبح مقبولا وبدأ استثماره-ومن أمثلة تلك الحجج بندول فوكو لإثبات دوران الأرض أو تجربة فيزو لبيان أن الضوء يتحرك في الهواء أسرع منه في الماء. وتقديم هذه الحجج يشكل جانبا من العلم القياسي، ولا يتجلى دورها خلال الجدال بشأن النموذج الإرشادي بل يبين هذا الدور في الكتب الدراسية الصادرة بعد الثورة العلمية.

وقبل كتابة نصوص هذه الكتب، وبينما يدور الجدال، يبدو الموقف في صورة مغايرة تماما. إذ يستطيع عادة خصوم النموذج الإرشادي الجديد أن يزعموا بناء على سند تقليدي أن هذا النموذج الجديد أدنى مرتبة من منافسه التقليدي حتى فيما يتعلق بمجال الأزمة ذاتها. وطبعي أنه يعالج بعض المشكلات على نحو أفضل، فضلا عن أنه يكشف عن مظاهر انتظام جديدة. غير أن النموذج الإرشادي القديم، كما هو مفترض، يمكن تعديل صياغته على نحو يفي بهذه التحديات مثلما واجه تحديات أخرى سابقة. فلقد كان مذهب تايكو براه في الفلك القائل بمركزية الأرض، وكذلك الصيغ الأخيرة من نظرية الفلوجستون، استجابتين لتحديات فرضها بديل جديد عن نموذج إرشادي قائم، وكانت الاستجابتان ناجحتين [15]. زيادة على هذا فإن المدافعين عن النظرية التقليدية والأداء التقليدي كانوا دائما على وجه التقريب يشيرون إلى مشكلات لم يحلها المنافس الجديد ولكنها في رأيهم هم لا تمثل مشكلة على الإطلاق. فالمعروف أنه والى أن تم اكتشاف تركيب الماء، كان احتراق الأيدروجين حجة قوية لصالح نظرية الفلوجستون وضد نظرية لافوازييه وبعد أن انخمرت نظرية الأكسجين ظلت هذه عاجزة عن تفسير تحضير الغاز القابل للاحتراق من الكربون،

وهي ظاهرة أشار إليها أصحاب نظرية الفلوجستون باعتبارها سندا قويا يدعم رأيهم [16]. بل نلحظ حتى في المجال الخاص بالأزمة أن ميزان الحجة والحجة المضادة كان يميل أحيانا إلى التوازن، أما خارج هذا المجال فقد كان الميزان في الغالب يميل في حسم لصالح التقليد القديم. لقد حطم كوبرنيكوس تفسيرا ظل موضع تمجيد على مدى الزمان يفسر حركة الأرض دون أن يقدم بديلا عنه. وفعل نيوتن الشيء ذاته بالنسبة للتفسير القديم للجاذبية. وهذا هو ما فعله أيضا لافوازييه بالنسبة للخصائص المشتركة بين المعادن، وهكذا. صفوة القول أن أي نموذج إرشادي جديد مرشح ليكون بديلا عن نموذج إرشادي قديم إذا كان لا بلد وأن يصدر الحكم لصالحه منذ بداية نشأته على لسان أصحاب الفكر الجامد العنيد الذين عنوا فقط بفحص القدرة النسبية للنموذج الجديد على حل المشكلات، فإن هذا يعنى أن العلوم لن تشهد من الثورات العلمية الكبرى سوى عدد محدود جدا. وإذا أضفنا إلى ذلك الحجج المقابلة التي يبينها أصحابها على أساس ما سبق أن وصفناه بلا قياسية النماذج الإرشادية، فسوف تكون النتيجة هي أن العلوم ربما لا تشهد ثورات على الإطلاق.

بيد أن الجدال الذي يدور بشأن النماذج الإرشادية لا يتعلق في واقع الأمر بالقدرة النسبية على حل المشكلات، هذا على الرغم من أنها تغلف عادة بهذه العبارات لأسباب لها وجاهتها. ونلحظ بدلا من ذلك أن القضية موضوع النزاع هي أي هو النموذج الإرشادي الذي سوف يوجه البحث العلمي مستقبلا بشأن مشكلات يعجز كل نموذج منافس حتى عن الزعم بقدرته على حلها تماما؟. فالأمر يختص هنا بقرار يحسم بين نهجين بديلين متعارضين في ممارسة العلم، وأن قرارا كهذا في ضوء الظروف المبينة، لا بد وأن يرتكز على ما يبشر به مستقبلا أكثر مما يرتكز على إنجازات الماضي. وأن الباحث الذي يعتنق نموذجا إرشاديا جديدا في مرحلة باكرة يجد لزاما عليه في الغالب الأعم أن يفعل ذلك دون اعتبار للشواهد المستمدة من حل المشكلات. معنى هذا أن لا بد وأن تتوفر لديه الثقة في أن النموذج الجديد سوف ينجح في حل المشكلات الضخمة الكثيرة التي تواجهه، مدركا فقط أن النموذج الإرشادي القديم قد أخفق مع بعضها. وقرار كهذا لا يمكن أن يتم إلا على أساس من الثقة الذاتية.

هذا أحد الأسباب التي تؤكد الأهمية الكبرى للأزمة السابقة على طرح النموذج الإرشادي الجديد. وأن العلماء الذين لم يعاينوا تلك الأزمة نادرا ما يتخلون عن الدليل الواقعي المحكم الخاص بالقدرة على حل المشكلات مقابل السير وراء ما قد يبين في سهولة أنه سراب خادع وينظر إليه بعامة على أنه كذلك. ولكن الأزمة وحدها لا تكفي. إذ لا بد أن يكون هناك أيضا أساس للثقة في اختيار البديل حتى وإن لم تكن ثمة حاجة لأن يكون الأساس عقلانيا أو صوابا في النهاية، إذ لا بد أن شيئا ما جعل بعض العلماء يشعرون بأن الاقتراح الجديدة يمثل النهج السليم، وقد لا يكون هذا الشيء أحيانا سوى اعتبارات شخصية وجمالية غير بينة المعالم. ولقد كانت هذه الاعتبارات سببا في تحول بعض الباحثين إلى ذلك الاتجاه في أوقات كانت غالبية الحجج الفنية الواضحة المعالم تشير إلى الاتجاه الآخر. فالملاحظ أن كلا من نظرية كوبرنيكوس في الفلك ونظرية دي بروجلي عن المادة لم تكن لهما عند تقديمهما لأول مرة أسباب أخرى هامة غير تلك تبرر جاذبية أي منهما. بل إن النظرية النسبية العامة لآينشتين تجتذب الناس اليوم لأسباب جمالية أساسا، وهي جاذبية لا يشعر بها غير عدد قليل ممن يعملون خارج حقل الرياضيات.

ليس معنى هذا أن النماذج الإرشادية الجديدة تنتصر في النهاية من خلال حسي جمالي غيبي، بل على العكس فإن قليلين جدا هم الذين يهجرون التقليد لمثل هذه الأسباب وحدها. وغالبا ما يكون هؤلاء الخارجين قد ضلوا السبيل. ولكن أي نموذج إرشادي لا بد له لكي ينتصر من أن يكسب أول الأمر بعض المؤيدين، وهم رجال يناط بهم أمر تطويره إلى الحد الذي يفضي إلى ظهور وتكاثر الحجج القوية المؤيدة له. إلا أن هذه الحجج حين تتوفر لا تكون حاسمة في ذاتها. إذ نظرا لأن العلماء رجال عقلاء، فإن هذه الحجة أو تلك سوف تقنع في النهاية الكثيرين منهم. ولكن لا توجد حجة وحيدة فريدة يمكن أن تقنع الجميع. وأن ما يحدث ليس تحول فريق واحد جملة إلى المعتقد الجديد بل الأصح هو تغير يتزايد باطراد في توزيع مظان الاقتناع بين أبناء التخصص.

في البداية قد يجد البديل الجديد عن النموذج الإرشادي عددا قليلا من الأنصار، وقد يكون الشك هو الدافع المحرك لهؤلاء الأنصار أحيانا.

ومع هذا فإذا كانوا أكفاء وأهلا لما هم بصدده فإنهم سوف يطورون هذا البديل الجديد ويكشفون عن إمكانياته، ويوضحون المستقبل الذي ينتظر المجتمع العلمي الذي يسترشد به. وبينما يحدث كل هذا فإن النموذج الإرشادي إذا كان مقدرا له أن يفوز في معركته فسوف تزداد الحجج المؤيدة له عددا وقدرة على الإقناع. وهنا يزداد بالتالي عدد العلماء الذين يتحولون إليه، وتطرد الدراسات الاستطلاعية للنموذج الإرشادي الجديد. وتتضاعف شيئا فشيئا التجارب والأدوات والأجهزة والدراسات والكتب التي ترتكز على هذا النموذج الإرشادي الوليد. ويتزايد عدد الباحثين المؤمنين بجدوى النظرة الجديدة، ومن ثم يتبنون النهج الجديد في ممارسة العلم القياسي حتى لا يتبقى أخيرا سوى حفنة قليلة من الرافضين العجائز. وحتى هؤلاء لا نستطيع القول إنهم مخطئون. إذ على الرغم من أن المؤرخ يمكن أن يجد دائما-وخير مثال على ذلك بريستلي-من يستمرون في المقاومة لأطول فترة ممكنة دون مبرر ظاهر ومعقول إلا أنه لن يجد نقطة محددة تصبح المقاومة عندها غير منطقية أو غير علمية. غاية الأمر قد يستهويه القول بأن من يستمر في المقاومة بعد تحول كل أبناء تخصصه إنما قد توقف بحكم الأمر الواقع عن أن يكون عالما.

# 13 الثورة سبيل التقدم

تضمنت الصفحات السابقة ما أراه عرضا تخطيطيا عاما للتطور العلمي، وقد أفضت فيه بالقدر الذي سمحت به هذه الدراسة. بيد أنه على الرغم من هذا لم يصل بنا تماما إلى نتيجة نهائية. وهب أن هذا العرض قد أوضح وكشف طبيعة البنية الرئيسية للتطور المتصل للعلم إلا أنه سيطرح في الوقت نفسه مشكلة خاصة: لماذا هذا المشروع الذي عرضناه آنفا يتقدم باطراد وثبات عبر مسارات لا يسير فيها على سبيل المثال الفن أو النظرية السياسية أو الفلسفة؟ لماذا نجد التقدم مطلبا يستأثر به النشاط الذي اصطلحنا على تسميته العلم دون سواه؟ إن أكثر الإجابات شيوعا على هذا السؤال أنكرتها سطور هذه الرسالة. ومن ثم يتعين علينا أن نختتمها بالسؤال عما إذا كان بالإمكان الاهتداء إلى إجابات بديلة.

لعل القارئ يدرك مباشرة أن جزءا من هذا السؤال سيمانطيقي خالص (أي أنه لغوي يتعلق بدلالات الألفاظ ومعانيها والعلاقات بينها-المترجم). فمصطلح «العلم» يكاد يكون قاصرا إلى حد كبير جدا على مجالات تتقدم وفق سبل واضحة. ولا يتبدى ذلك جليا مثلما يتبدى في الجدال المتكرر

بشأن ما إذا كان هذا العلم أو ذاك من العلوم الاجتماعية المعاصرة يعتبر علما حقا أم لا. ونجد لهذا الجدل نظيره في الفترات السابقة على وضع نموذج إرشادي لمجالات البحث التي باتت تصنف اليوم دون تردد بأنها علم. فالقضية التي ثار بشأنها الخلاف دائما وأبدا هي تحديد ذلك المصطلح الذي لا ينتهي الجدل بشأنه. هناك على سبيل المثال من يؤكدون أن علم النفس علم لأنه مبحث يتوافر فيه كذا وكذا من الخصائص المميزة. ويعارض آخرون هذا الرأي مؤكدين إما أن هذه الخصائص غير ضرورية أو غير كافية لكي تجعل من المبحث الدراسي علما. وغالبا ما يستنفد الجدال طاقة كبيرة، ويثير انفعالات حادة، ويظل الغريب عن الميدان ضائعا في حيرة لا يعرف سببا. ترى هل جل الأمر رهن بتحديد «العلم»؟ هل يمكن للتعريف أن يهدى إنسانا ليعرف ما إذا كان هو رجل علم أم لا؟ إذا كان الأمر كذلك لماذا لا يجهد علماء الطبيعة أو الفنانون أنفسهم بشأن تعريف المصطلح؟ لا مفر من أن يساور المرء شك في أن أساس القضية أعمق مما يبدو في ظاهرة. ولعل أسئلة مثل الأسئلة التالية أجدر بالسؤال في الواقع: لماذا يخفق مجال بحثي في التحرك قدما على نحو ما يمضى علم الفيزياء مثلا؟ ما هي التغيرات في التكنيك أو المنهج أو الأيديولوجيا التي تمكنه من أن يكون كذلك؟ بيد أن هذين السؤالين ليس من شأن الإجابة عليهما أن تصل بنا إلى اتفاق خاص بالتعريف. علاوة على هذا فلو أن سوابق العلوم الطبيعية تفيد في الحكم على ذلك، إلا أن هذه الأسئلة لن تكف عن الإلحاح كمشكلة مؤرقة عند الوصول إلى التعريف بل عندما تصل جماعات الباحثين الذين يتشككون الآن في مكانتهم إلى إجماع في الرأي بشأن إنجازاتهم في الماضي والحاضر. ولعل من الأمور ذات الدلالة على سبيل المثال أن علماء الاقتصاد أقل جدالا بشأن بيان ما إذا كان مجال بحثهم علما أم لا من غيرهم من الباحثين في مجالات العلوم الاجتماعية الأخرى. ترى هل سبب ذلك أن علماء الاقتصاد يعرفون عن يقين ما هو العلم؟ أم أن السبب بالأحرى هو أن علم الاقتصاد هو المبحث الذي التقت آراؤهم بشأنه.

هذه النقطة لها معكوسها الذي وإن لم يعد سيمانطيقيا خالصا إلا أنه قد يساعد على كشف الروابط الوثيقة التي لا تنفصم بين أفكارنا عن العلم وبين التقدم. فعلى مدى قرون طويلة، سواء في العصور القديمة أم على

مشارف التاريخ الأوربي الحديث، وكان ينظر إلى الرسم بالزيت باعتباره المبحث التراكمي. لقد كان المفترض طوال هذه السنين أن هدف الفنان هو التعبير بالرسم والصورة. ونجد نقادا ومؤرخين من أمثال بليني وفازاري سجلوا في إجلال وتوقير سلسلة الابتكارات ابتداء من فن التقصير ومرورا بالرسم القائم على توزيع الضوء والظل، مما يسر تدريجيا وعلى التوالي الوصول إلى تصوير الطبيعة على نحو أكمل [1]. بيد أن هذه هي أيضا السنوات، وخاصة أعوام عصر النهضة، التي شهدت انقساما بسيطا بين العلوم والفنون. لقد كان ليوناردو واحدا فقط من بين كثيرين ممن تنقلوا بحرية هنا وهناك بين المجالات التي لم تعد متمايزة تمايزا مطلقا إلا في فترة متأخرة [2]. فضلا عن ذلك، وحتى بعد أن توقف هذا التبادل، ظل مصطلح «الفن» ينطبق بنفس القدر على التكنولوجيا والحرف الصناعية، وهي فنون كان ينظر إليها هي الأخرى باعتبارها فنونا مطردة التقدم على مراحل، شأنها شأن الرسم بالزيت أو النحت. ولكن بعد أن نبذ هذان الأخيران نبذا تاما القول بأن التعبير بالرسم هو هدفهما وعادا إلى التعليم من جديد من المدارس البدائية، هنا فقط اتخذ الانقسام الذي نأخذه نحن اليوم مأخذ التسليم بعده العميق الراهن. بل نحن اليوم إذا كنا نواجه صعوبات شتى عند بيان الفارق العميق الذي يميز العلم عن التكنولوجيا فإن ذلك يرجع جزئيا دون شك إلى أن التقدم سمة واضحة لهذين المجالين.

بيد أن الأمر لن يتجاوز حدود التوضيح فقط دون أن يمتد إلى حل مشكلتنا الراهنة إذا ما سلمنا بأننا نعتزم أن نسبغ صفة العلم على كل مجال نلحظ التقدم فيه سمة أساسية. ويبقى بعد ذلك مشكلة أن نفهم لماذا ينبغي اعتبار التقدم خاصية هامة إلى هذا الحد لأي مشروع يلتزم في توجهه بالتقنيات والأهداف المبينة في هذه الدراسة. ينطوي هذا السؤال على عديد من الأسئلة في سؤال واحد، ولذا سوف يتعين علينا بحث كل منها على حدة. بيد أن حلها في جميع الأحوال، عدا الحالة الأخيرة، سوف يتوقف جزئيا على أن نعكس نظرتنا العادية إلى العلاقة بين النشاط العلمي وبين المجتمع المتخصص في ممارسته. وسوف يتعين علينا هنا أن نضع الأسباب موضع ما اصطلحنا على أنه نتائج. فإذا تسنى لنا هذا فإن العبارتين «التقدم العلمي» و«الموضوعية العلمية» قد تبدوان لنا من جانب وكأنهما

تزيّد في الحديث أو حشو. وسبق أن قدمنا مثالا يوضح جانبا من هذا الحشو. ترى هل يحقق أي مجال تقدما لأنه علم أم أنه علم لأنه يحقق تقدما؟

لنسأل الآن لماذا يتعين على مشروع مثل العلم القياسي أن يحرز تقدما؟ ولنبدأ بذكر قليل من أبرز سماته المميزة. المألوف عادة أن أبناء كل مجتمع علمي ناضج يعملون انطلاقا من نموذج إرشادي وحيد، أو انطلاقا من مجموعة من النماذج الإرشادية المرتبطة ببعضها ارتباطا وثيقا. ونادرا جدا ما يحدث أن تجرى جماعتان مختلفتان للبحث العلمي ذات البحوث في نفس المجال. والملاحظ في مثل تلك الحالات الاستثنائية أن تجمع هاتان الجماعتان بين عديد من النماذج الإرشادية الأساسية تكون مشتركة فيما بينهما. بيد أن النتيجة الناجمة لأي عمل إبداعي إذا ما نظر إليها من داخل أي مجتمع مهني وحيد، سواء أكان مجتمع علماء أم غير علماء، فسوف ينظر إليها على أنها تقدم. وإلا كيف يمكن أن تكون أي شيء آخر؟ لقد بينا توا على سبيل المثال أنه في الوقت الذي اتخذ الفنانون من التعبير بالرسم هدفا لهم عمد النقاد والمؤرخون على السواء إلى عرض مراحل التطور التاريخي للجماعة التي تبدو جماعة موحدة في الظاهر. وتكشف مجالات إبداعية أخرى عن تقدم من نفس النوع. ففقيه الدين الذي يفسر العقيدة، أو الفيلسوف الذي يصقل الأوامر المطلقة عند كانط يسهم في التقدم ولو تقدم الفريق الذي يشاركه مقدمات فكره الأساسية. ولا توجد مدرسة إبداعية تسلم بوجود ضرب أو صنف من النشاط يمثل من ناحية نجاحا إبداعيا بينما لا يمثل من ناحية أخرى إضافة للإنجاز الكلي للفريق. وإذا ما ساورنا الشك، كما هو حال كثيرين، في أن المجالات غير العلمية تحرز تقدما، فليس سبب ذلك أن المدارس القائمة بذاتها عاطلة من التقدم، وإنما السبب بالأحرى هو أن هناك دائما مدارس متنافسة كل منها تتشكك في الأسس الجوهرية التي تقوم عليها المدارس الأخرى. مثال ذلك أن المفكر الذي يدفع بأن الفلسفة لم تحرز تقدما ما إنما يؤكد أنه لا يزال هناك مفكرون أرسطيون وليس أن الأرسطية أخفقت في إحراز تقدم.

غير أن هذه الشكوك بشأن التقدم تثار في مجال العلوم أيضا. فطوال الفترة السابقة على النموذج الإرشادي، حيث يوجد كثير من المدارس

المتنافسة، يتعذر للغاية الاهتداء إلى دليل على التقدم إلا داخل إطار المدارس. وهذه هي الفترة التي عرضناها في الفصل الثاني باعتبارها الفترة التي يمارس الأفراد أثناءها العلم ولكن نتائج مشروعهم لا تمثل إضافة إلى العلم على نحو ما نعرفه الآن. كذلك فإنه خلال فترات الثورة العلمية حيث تكون المعتقدات الأساسية لمجال ما موضوع خلاف مرة أخرى، تثار الشكوك مرارا بشأن إمكانية إحراز تقدم متصل لو تم إقرار هذا أو ذاك من بين النماذج الإرشادية المتعارضة. مثال ذلك أن من رفضوا مذهب نيوتن زعموا أن اعتماد هذا المذهب على قوى فطرية متأصلة سوف يرد العلم ثانية إلى عصور الظلام. وكذا أولئك الذين عارضوا كيمياء لافوازييه ذهبوا إلى أن رفض «المبادئ» الكيميائية لحساب عناصر جاهزة في المعمل هو رفض للتفسير الكيميائي الذي تم إنجازه، وأن هذا الرفض جاء على يد أولئك الذين يحتمون وراء اسم مجرد. وثمة شعور مماثل، وإن عبر عنه أصحابه بصورة أكثر اعتدالا، يشكل فيما يبدو الأساس في معارضة آينشتين وبوم وغيرهما للتفسير الاحتمالي السائد لميكانيكا الكم «الكوانطا». صفوة القول أن التقدم يبدو واضحا ومؤكدا خلال فترات العلم القياسي فحسب. غير أن المجتمع العلمي لا يمكنه خلال تلك الفترات إلا أن ينظر إلى ثمار جهده على هذا النحو دون سواه.

إذن نجد فيما يتعلق بالعلم القياسي أن جانبا من الإجابة على مشكلة التقدم يكمن ببساطة في نظرة المشاهد. فالتقدم العلمي لا يختلف من حيث طبيعته عن التقدم في المجالات الأخرى، ولكن ما نلمسه في غالب الأحيان من غياب للمدارس المتنافسة التي تثيرها التساؤلات بشأن أهداف ومعايير بعضها بعضا هو ما يجعل تقدم المجتمع العلمي القياسي أيسر للعين فتستبينه بسهولة أكبر. بيد أن هذا ليس سوى جانب من الإجابة، فضلا عن أنه ليس أهم جوانبها على الإطلاق. فقد سبق أن أوضحنا على سبيل المثال أنه ما أن يؤدي قبول وإقرار نموذج إرشادي مشترك إلى تحرر المجتمع العلمي من الحاجة الدائبة إلى إعادة فحص ودراسة مبادئه الأولية، حتى يصبح في إمكان أعضاء المجتمع أن يركزوا جهودهم على أكثر ظواهره التي تشغلهم تخصصا ودقة. ومن المقطوع به أن يؤدي هذا إلى زيادة كل من فاعلية وكفاءة الفريق في مجموعة خلال سعيه لحل المشكلات الجديدة.

وهناك أيضا جوانب أخرى للحياة المهنية في مجال العلوم من شأنها تحقيق المزيد من الدعم والتعزيز لهذه الفعالية الخاصة للغاية.بعض هذه الجوانب هي نتائج مترتبة على الانعزالية أو الاستقلالية التي لا نظير لها التي تعزل المجتمعات العلمية الناضجة عن متطلبات العامة والحياة اليومية. ولم تكن هذه العزلة أبدا كاملة تماما-ونحن هنا نتحدث عن أمور تتعلق بالدرجة. إلا أنه لا توجد مجتمعات مهنية أخرى، غير جماعات البحث العلمي، يكون فيها العمل الإبداعي الفردي موجها بالكامل ودون استثناء إلى أعضاء آخرين من نفس التخصص يتولون هم تقييمه. فإن أكثر الشعراء إيغالا في الغرابة أو أكثر فقهاء الدين إمعانا في التجريد يعنيه أكثر مما يعني العلماء استحسان العامة لعمله الإبداعي، حتى وإن كان دون العلماء اهتماما بأمر الاستحسان بمعناه العام. وهذا فارق له شأن كبير، وتترتب عليه نتائج هامة. إذ نظرا لأن العالم يعمل فقط لجمهور يتألف من أقرانه وزملائه في المهنة، وهو جمهور يشاركه قيمه ومعتقداته، لذا يستطيع أن يأخذ مجموعة بذاتها من المعايير مأخذ التسليم. إنه لا يشغل باله بما قد يراه أو يفكر فيه فريق آخر أو مدرسة أخرى، ومن ثم يمكنه أن يفرغ من مشكلة إلى غيرها على نحو أسرع مما يفعل آخرون من أجل فريق أكثر اختلافا معهم في الرأي والمعتقد. بل والأهم من ذلك أن عزلة جماعة البحث العلمي عن المجتمع العام الواسع يتيح للباحث العلمي الفرد أن يركز اهتمامه على المشكلات التي لديه من الأسباب المعقولة ما يبرر له الاعتقاد بقدرته على حلها. إن الباحث العلمي ليس شأنه شأن المهندس أو كثيرين من الأطباء وأكثر فقهاء الدين، من حيث أنه ليس مضطرا إلى اختيار المشكلات لأنها بحاجة إلى حل عاجل وملح دون اعتبار للأدوات المتاحة له لحلها.

ومن الأمور الهامة ذات الدلالة هنا أيضا التباين بين علماء الطبيعة وبين الكثيرين من العلماء الاجتماعيين. فهؤلاء غالبا ما ينزعون إلى الدفاع عن اختيارهم لمشكلة يتخذونها موضوعا لبحثهم-وهو مالا يكاد يفعله علماء الطبيعة بتاتا-مثال ذلك نتائج التمييز العرقي أو أسباب الدورة التجارية لرأس المال-ويعمد العلماء الاجتماعيون إلى الدفاع أساسا عن اختيارهم هذا بعبارات تكشف عن الأهمية الاجتماعية للوصول إلى حل للمشكلة. إذن أي فريق من بين هؤلاء نتوقع له أن يحل مشكلاته بسرعة أكبر؟ وإن

آثار العزلة عن المجتمع الكبير تتضخم كثيرا بفعل سمة أخرى من سمات المجتمع العلمي المهني، إلا وهي طبيعة التنشئة التعليمية في البداية. ففي الموسيقى وفنون الجرافيك والأدب يكتسب المتخصص في هذه الفنون تعليمه عن طريق مشاهدة أعمال الفنانين الآخرين خاصة الفنانين الأوائل. هذا بينما يكون للكتب الدراسية، دور ثانوي فقط، فيما عدا المختصرات من النصوص المختارة أو الكتيبات التي تتناول الإبداعات الأصلية. ولكننا نجد للكتب الدراسية أهمية كبرى في مجالات التاريخ والفلسفة والعلوم الاجتماعية ولكن حتى في هذه المجالات يستخدم المنهج التعليمي الأولى في المعاهد الدراسية قراءات مناظرة للنصوص الأصيلة، ويمثل بعضها «كلاسيكيات» التخصص، ويمثل بعضها الآخر التقارير البحثية المعاصرة التي يكتبها ويتبادلها المتخصصون في مجال البحث بين بعضهم بعضا.

ونتيجة لذلك يجري دائما وأبدا العمل على توعية الدارس لأي من هذه المجالات بالتنوع الشديد للمشكلات التي يحاول مع مرور الزمن أعضاء فريقه حلها. وأهم من ذلك كله أنه يجد بين يديه بصورة مطردة عددا من الحلول المتجانسة وغير المتجانسة لهذه المشكلات، وهي حلول يتعين عليه في النهاية أن يصدر عنها تقييما لنفسه.

لنحاول أن نقارن بين هذا الوضع وبين الوضع في العلوم الطبيعية المعاصرة على أقل تقدير. نلحظ في هذه المجالات أن الطالب يركن أساسا إلى الكتب الدراسية، ويظل كذلك إلى أن يبدأ بحثه المستقل في عامه الثالث أو الرابع من دراسته للتخرج. ونلحظ أيضا أن أكثر المقررات الدراسية في العلوم لا تطالب حتى الخريجين بالاطلاع على أعمال لم تكتب خصيصا للطلاب. والقليل النادر من البرامج التي تعين قراءات تكميلية من خلال الاطلاع على البحوث والرسائل المتخصصة نجدها تقصر هذه القراءة على أكثر المقررات الدراسية تقدما وعلى المواد التي تعرض بدرجة أو بأخرى ما أغفلته الكتب الدراسية المتداولة. وتظل الكتب الدراسية حتى المراحل النهائية في تعليم الباحث العلمي هي البديل بانتظام عن الدراسات العلمية الإبداعية التي هي العلة والأساس في تأليف تلك الكتب. ونظرا لثقة العلماء في النماذج الإرشادية التي يلتزمون بها والتي تيسر هذا التكنيك التعليمي، لذا فإن القليلين منهم هم الذين تحدوهم رغبة في تغييرها. إذن لماذا بعد كل

هذا يسعى طالب الفيزياء، كمثال، إلى قراءة أعمال نيوتن أو فاراداي أو آينشتين أو شرودنجر مادام كل ما يريد معرفته عن هذه الأعمال ميسور بين يديه وقد أعادت عرضه كتب دراسية حديثة في صورة أكثر اختصارا وأكثر تحديدا وأكثر تنسيقا؟

وبدون الرغبة في الدفاع عن الأبعاد المفرطة التي وصل إليها هذا الطراز من التعليم أحيانا، فإن المرء لا يسعه إلا الإشارة إلى أنه بوجه عام كان فعالا إلى حد كبير. وهو بطبيعة الحال تعليم ضيق ومحدود وجامد، بل وربما يكون أكثر ضيقا وجمودا من أي مجال آخر، ربما باستثناء الدراسات المتزمتة الخاصة بتعليم أصول الدين. بيد أن الباحث العلمي يكون مهيأ على أكمل وجه تقريبا للعمل العلمي القياسي أي لحل الألغاز في إطار التقليد الذي تحدده له الكتب الدراسية. زد على ذلك أنه مهيأ على نحو جيد لأداء مهمة أخرى مماثلة-إثارة أزمات هامة ذات دلالة من خلال العلم القياسي. وحين تثار هذه الأزمات لا يكون العالم بطبيعة الحال مهيأ لها بنفس الدرجة. وحتى إذا كان من المحتمل أن تؤثر الأزمات المزمنة بصورة تجعل الممارسة التعليمية أقل جمودا، إلا أن التدريب العلمي ليس معدا إعدادا جيدا لإنتاج الإنسان القادر على أن يكتشف بسهولة نهجا جديدا في تناول المشكلات. ولكن طالما ظهر شخص ما يبشر بنموذج إرشادي جديد بديل-ويكون كادة باحثا شابا أو جديدا على مجال البحث-فإن أضرار الجمود تعود على الفرد وحده، وحين يتهيأ جيل يتولى إنجاز التغيير، يصبح الجمود الفردي متناقضا مع مجتمع قادر على التحول من نموذج إرشادي إلى نموذج إرشادي آخر حيث أن الموقف يتطلب ذلك. ويبدو هذا التناقض واضحا بوجه خاص عندما يصبح هذا الجمود ذاته مؤشرا حساسا للمجتمع يدله على أن خطأ ما قد وقع.

لذا فإن كل مجتمع علمي إنما يعتبر في حالته العادية، أداة شديدة الفعالية لحل المشكلات أو الألغاز التي تحددها نماذجه الإرشادية، علاوة على هذا، فإن نتيجة حل تلك المشكلات لا بد أن تكون بالقطع تقدما. وليس في هذا القول ما يدعو للريبة أو الشك. غير أنه يلقى ضوءا فقط على الجانب الثاني الرئيسي من مشكلة التقدم في العلوم، وهو التقدم من خلال العلم غير العادي، وهو ما انتقل الآن للنظر فيه. لماذا يكون التقدم في

صورته العامة ظاهرة ملازمة دائما وأبدا للثورات العلمية؟ أعود لأقول إننا سنعرف الكثير إذا ما انصب سؤالنا على النتائج الأخرى المحتملة لحدوث ثورة علمية. تنتهي الثورات بالانتصار الكامل لأحد المعسكرين المتعارضين. ترى هل يمكن لهذا الفريق أن يقول أن نتيجة انتصاره شيء آخر دون التقدم؟ إن هذا الفرض أشبه بالقول بأنهم كانوا على خطأ وكان خصومهم على حق. ولا ريب في أن حصاد الثورة لا بد أن يبدو في نظرهم على الأقل تقدما، وقد أضحوا في وضع أمثل يجعلهم على يقين من أن أعضاء جماعتهم العلمية في المستقبل سوف ينظرون إلى التاريخ الماضي بنفس نظرة اليوم. ولقد عرض الفصل الحادي عشر تفصيلا التقنيات التربوية لتحقيق هذا الهدف، وكل ما فعلناه هنا أننا استعدنا جانبا وثيق الصلة بالحياة العملية المتخصصة. فالمجتمع العلمي حين ينبذ نموذجا إرشاديا كان سائدا في الماضي إنما يتخلى في الوقت ذاته عن أكثر الكتب والمقالات التي تجسد هذا النموذج الإرشادي إذ لم تعد مادة مناسبة للدراسة المهنية المدققة. والملاحظ أن تعليم العلوم لا يستخدم وسيلة معادلة لمتحف الفنون أو مكتبة الكلاسيكيات، مما يؤدي أحيانا إلى حدوث ما يشبه التشوه الشديد في رؤية رجل العلم لماضي مبحثه العلمي. وينتهي به هذا، على نحو يتجاوز كثيرا الباحثين في المجالات الإبداعية الأخرى، إلى الاعتقاد بأن مبحثه العلمي مبحث سار في خط مستقيم أفضى به إلى حالته الراهنة بكل ما تتصف به من تميز. والخلاصة أنه يعتبر هذا الماضي في النهاية تقدما. ولا بديل آخر أمامه طالما بقى داخل مجال تخصصه.

تلك الملاحظات سوف توحي حتما بأن عضو المجتمع العلمي الناضج مثله كمثل الشخصية النمطية في رواية جورج أورويل «العالم عام 1980»، هذه الشخصية التي كانت ضحية التاريخ الذي أعادت كتابته السلطات القائمة على شئون البلاد. علاوة على هذا فإن الإيحاء المشار إليه ليس بالشيء الشاذ الإطلاق. فثمة خسائر، مثلما هناك مكاسب، للثورات العلمية، وينزع العلماء عادة إلى التغافل وإخفاء الخسائر بخاصة [3]. ومن ناحية أخرى ليس بإمكان أي تفسير للتقدم من خلال الثورات أن ينتهي عند هذه النقطة. إذ لو حدث ذلك لكان معناه القول ضمنا بأن القوة تصنع الحق في مجال العلوم، وهي قاعدة لن تكون خطأ تماما ما لم تحجب قسرا طبيعة

العملية والسلطة اللذين يتم بمقتضاهما الاختيار بين النماذج الإرشادية. إذ لو كانت السلطة وحدها، خاصة لو كانت سلطة غير مهنية، هي الحكم الذي يفصل بين أنواع الجدل الدائر بشأن النموذج الإرشادي، فإن حصاد ذلك الجدل قد يظل ثورة، ولكن دون أن يكون ثورة علمية. إن وجود العلم ذاته رهن بأن تكون سلطة الاختيار بين النماذج الإرشادية مخولة لأعضاء من نوع المجتمع ذاته. أما إلى أي حد يجب أن يكون هذا المجتمع متخصصا إذا ما كان للعلم أن يبقى وينمو باطراد فهذا ما قد يكشف عنه مدى ضعف قبضة الإنسانية على المشروع العلمي. إن كل حضارة من الحضارات التي تملك وثائق تسجيلية عنها امتلكت تكنولوجيا وفنا ودينا ونظاما سياسيا وقوانين وما إلى ذلك. ولقد كانت هذه الجوانب في كثير من الحالات متطورة مثل حضارتنا. ولكن الحضارات التي انحدرت إلينا عن اليونان الهيلينية عرفت ما هو أكثر من العلم الأولى الخالص. إن الكم الأساسي من المعرفة العلمية هو نتاج أوربا على مدى القرون الأربعة الأخيرة. ولم يحدثنا التاريخ عن أي مكان آخر أو زمان غير هذا توفر فيهما الدعم والتأييد للمجتمعات العلمية الشديدة التخصص التي هي معين الإنتاجية العلمية.

فما هي الخصائص الجوهرية لهذه المجتمعات؟ واضح أن الأمر بحاجة إلى مزيد من الدراسة المستفيضة. ولكن الشيء الميسور الآن فقط في هذا المجال هو مبادئ عامة تقريبية للغاية. ولكن يتعين أن تتضح لنا مقدما بعض الشروط الأساسية لعضوية الجماعة العلمية. فرجل العلم لا بد أن يكون على سبيل المثال معنيا بحل مشكلات عن سلوك الطبيعة. علاوة على هذا، فإنه على الرغم من أن اهتمامه بالطبيعة قد يكون شاملا في نطاقه إلا أن المشكلات التي يعالجها لا بد أن تكون مشكلات تتعلق بالتفاصيل والأهم من ذلك أن الحلول التي ترضيه يمكن ألا تكون مجرد حلول مرضية له شخصيا، بل لابد أن تكون مقبولة من كثيرين. والفريق الذي يشارك في هذا الرأي ليس فريقا جرى اختياره على نحو عشوائي من المجتمع في عمومه، بل يجب أن يكون هو الجماعة التي جرى تحديدها تحديدا جيدا من بين العلماء المتخصصين الأكفاء القائمين بنفس النشاط العلمي. وإن من أقوى القواعد التي تقوم عليها الحياة العلمية، وإن ظلت غير مسطورة، هي حظر الاحتكام إلى رؤوس الدولة أو الكافة فيما يختص بالموضوعات

العلمية. فالتسليم بوجود فريق مهني قدير على نحو منفرد، والاعتراف بدوره باعتباره الحكم الوحيد فيما يختص بالإنجازات المهنية أمر له دلالات ونتائج أبعد من ذلك. فأعضاء الفريق، من حيث هم أفراد، وبفضل الدربة والخبرة المشتركة بينهم، لا بد من النظر إليهم باعتبارهم هم وحدهم أصحاب قواعد اللعبة، الفاهمون لها، أو أنهم شركاء في معيار متكافئ من أجل إصدار أحكام صريحة وواضحة. وإن الشك في أنهم متفقون على معايير مشتركة بينهم لعمليات التقييم إنما يعنى السماح بوجود معايير متضاربة للإنجاز العلمي. ووضع كهذا من شأنه أن يثير بالقطع سؤالا عن وحدة الحقيقة في العلم.

هذه القائمة الصغيرة للخصائص المشتركة بين المجتمعات العلمية إنما استخلصناها جملة من ممارسة العلم القياسي كما ينبغي لها أن تكون. وهذا هو النشاط الذي يتدرب عليه رجل العلم ويتشكل بمقتضاه. ولكن لنلاحظ أنه على الرغم أن إيجاز هذه القائمة إلا أنها كافية لفصل هذا النوع أن الجماعات العلمية وتمييزه عن جميع الفرق المهنية الأخرى. ولنلاحظ علاوة على هذا أن القائمة وإن كانت نابعة من العلم القياسي، إلا أنها تفسر كثيرا من القسمات الخاصة بردود أفعال جماعة البحث أثناء الثورات وبخاصة عندما يحمى وطيس الجدال بشأن النموذج الإرشادي. وسبق أن رأينا أن أي فريق من هذا الطراز لا بد أن يعتبر تغير النموذج الإرشادي تقدما. ونستطيع الآن التسليم بأن هذا النهج في إدراك الأمور كاف من نواح كثيرة هامة لإثبات صدقه. إذ تعتبر جماعة البحث العلمي الأداة الفعالة الأمثل للوصول إلى أقصى كم، وأدق قدر من المشكلات التي يتم حلها بفضل تغير النموذج الإرشادي.

ونظرا لأن المشكلة المحلولة هي وحدة قياس الإنجاز العلمي وتقدير ما بلغه العلم من نجاح، وحيث أن جماعة البحث العلمي تعرف جيدا أي المشكلات تم حلها، لذا لن يتبقى غير عدد قليل من العلماء ممن يسهل حثهم وإقناعهم لتبني وجهة نظر تثير من جديد الشك في عدد من المشكلات التي سبق حلها. ويتعين أن تفرض الطبيعة أولا شعور الثقة أو الأمن المهني، وذلك بأن تجعل الإنجازات السابقة تبدو في صورة إشكالية. ثم بعد ذلك يبرز بديل جديد للنموذج الإرشادي. ولكن الملاحظ أنه حتى بعد أن يحدث

كل هذا سوف يحجم العلماء عن استيعابه ويتحفظون إزاءه ما لم يقتنعوا بتوفر شرطين لها أقصى قدر من الأهمية. أولا لا بد أن يبدو واضحا أن بإمكان البديل الجديد حل مشكلة هامة لها الأولوية ومعترف بها بعامة، ولا سبيل إلى حلها بوسيلة أخرى. ثانيا، يجب أن يبشر النموذج الإرشادي الجديد بالحفاظ على قدر كبير نسبيا من القدرة الموضوعية على حل المشكلات التي تراكمت على أيدي النماذج الإرشادية السابقة في مجال البحث العلمي المعنى. إن الجدة ليست أمنية مطلوبة لذاتها في مجال العلوم شأنها في مجالات إبداعية أخرى كثيرة. ونتيجة لذلك فإن النماذج الإرشادية الجديدة، حتى وإن كانت نادرا ما تملك، أو لا تملك على الإطلاق، جميع قدرات النماذج الإرشادية القديمة إلا أنها تحتفظ عادة بكم ضخم من أقصر الجوانب موضوعية في إنجازات الماضي وتسمح دائما علاوة على هذا بالمزيد من الحلول الموضوعية المحددة للمشكلات.

وهذا لا يعنى ضمنا القول بأن القدرة على حل المشكلات هي الأساس المتفرد أو القاعدة المطلقة لاختيار النموذج الإرشادي. فقد سبق أن أشرنا إلى أسباب كثيرة تنفى وجود معيار كهذا. ولكنه يعنى أن أي فريق من العلماء المتخصصين سوف يبذل أقصى جهده في سبيل ضمان اطراد زيادة المعطيات التي يجمعها ويقدر على معالجتها بدقة وتفصيل. وطبعي أن يتحمل المجتمع العلمي خلال هذه العملية قدرا من الخسائر. إذ يتعين غالبا إسقاط بعض المشكلات القديمة. علاوة على هذا فإن الثورة كثيرا ما تؤدى إلى تضييق نطاق المهام المهنية التي تشغل بال أبناء المجتمع العلمي، وتزيد من مدى تخصصه، وتضعف من اتصاله بالجماعات الأخرى سواء لعلماء متخصصين أم للعامة من الناس. ولكن على الرغم من أن العلم يزداد عمقا على وجه اليقين إلا أنه قد لا يزداد من حيث المساحة طولا وعرضا. وإذا حدث ذلك، فإن هذه المساحة الظاهرية تتجلى أساسا في تكاثر التخصصات العلمية، وليس في نطاق أي تخصص واحد بذاته. ولكن على الرغم من هذه الخسائر وغيرها التي تمنى بها المجتمعات الخاصة، إلا أن طبيعة هذه المجتمعات توفر ضمانا واقعيا يتمثل في اطراد نمو وزيادة كل من قائمة المشكلات التي حلها العلم ودقة حلول المشكلات المتخصصة. وتهيئ طبيعة المجتمع العلمي مثل هذا الضمان على الأقل مادامت هناك

وسيلة ما، مهما كانت، لتوفيره. ترى أي معيار آخر أفضل من دقة الفريق العلمي؟

تشير الفقرتان الأخيرتان إلى الاتجاهات التي تدلنا فيما أعتقد على حل أكثر ملاءمة ودقة لمشكلة التقدم في العلوم. إذ ربما تدلنا على أن التقدم العلمي ليس بالضبط ما كنا نتصوره. ولكنها تكشف لنا في الوقت نفسه عن أن نوعا من التقدم سيسم حتما بخصائصه المشروع العلمي ما بقي هذا المشروع من حيث هو كذلك قائما ولا حاجة لوجود تقدم من نوع آخر في مجال العلوم. وحتى نكون أكثر دقة فإننا قد نضطر إلى التخلي عن الفكرة القائلة، صراحة أو ضمنا، إن تغيرات النموذج الإرشادي تقود العلماء، هم ومن يتلقون العلم عنهم، في سبيل تقترب بهم أكثر فأكثر من الحقيقة.

بات لزاما الآن أن نشير إلى أن مصطلح «الحقيقة» لم نستعمله في دراستنا هذه وحتى الصفحات القليلة الماضية إلا ضمن اقتباس أخذناه عن فرنسيس بيكون. كما وأننا لم نستعمله حتى في هذه الصفحات إلا باعتباره مصدرا لاقتناع رجل العلم بأن القواعد المتضاربة في ممارسة العلم لا يمكن أن توجد معا إلا أثناء الثورات عندما تصبح المهمة الأساسية لجماعة البحث المتخصصة هي إلغاؤها جميعا فيما عدا واحدة.

وأن العملية التطورية التي عرضتها هذه الدراسة كانت عملية تطور من البدايات الأولية-وهي عملية تتميز مراحلها المتعاقبة بفهم للطبيعة-يتزايد باطراد دقة وتفصيلا وشمولا. ولكن لا شيء البتة مما قيل أو سيقال يمكن أن يجعلها عملية تطور إلى أو نحو أي شيء. ولا بد أن هذه الثغرة قد أثارت قلقا كثيرا من القراء. ذلك لأننا ألفنا جميعا عادة ترسخت فينا تجعلنا نرى العلم باعتباره المشروع الوحيد الذي يدنو أكثر فأكثر باطراد صوب هدف ما حددته الطبيعة مقدما.

ولكن هل ثمة ضرورة لمثل هذا الهدف؟ ألا نستطيع أن نفسر كلا من وجود العلم ونجاحه في ضوء التطور ابتداء من حالة المعرفة عند جماعة بحث متخصصة في زمن بذاته؟ وهل من المفيد حقا تصور وجود مفهوم واحد كامل وموضوعي وصادق عن الطبيعة وأن المعيار الصحيح لقياس الإنجاز العلمي هو المدى الذي يقربنا أكثر فأكثر من ذلك الهدف النهائي؟ ترى هل إذا عرفنا كيف نبدل التطور ابتداء مما نعرفه فعلا بالتطور صوب

ما ننشد معرفته، سوف تزول بعض المشكلات المثيرة والمحيرة خلال هذه العملية. لا بد وأن مشكلة الاستقراء تكمن في ناحية ما داخل تلك المتاهة.

لا أزال عاجزا عن أن أحدد، على أي نحو تفصيلي، نتائج هذه النظرة البديلة إلى التقدم العلمي-بيد أن المشكلة تتضح عندما يتبين لنا أن ما نوصى به من إبدال للمفاهيم أمر وثيق الصلة جدا بتحول آخر في المفاهيم شهده الغرب منذ قرن مضى. وهو أمر مفيد جدا نظرا لأن العقبة الأساسية التي تعيق التحول واحدة في كلتا الحالتين. فعندما نشر داروين لأول مرة نظريته عن التطور من خلال الانتخاب الطبيعي، وذلك عام 1859، لم يكن أشد ما أثار ضيق كثيرين من العلماء المتخصصين هو فكرة تغير الأنواع، ولا فكرة احتمال تحدر الإنسان عن القردة العليا. إذ المعروف أن الشواهد الدالة على التطور، بما في ذلك تطور الإنسان، قد تراكمت على مدى عدة عقود. وكانت فكرة التطور واردة ومنتشرة على نطاق واسع قبل ذلك. وعلى الرغم من أن التطور، من حيث هو، واجه مقاومة، خاصة من جانب بعض الأوساط الدينية، إلا أنها لم تكن بأي حال من الأحوال أقسى الصعاب التي جابهت الداروينيين. لقد نشأت تلك المشكلة عن فكرة قريبة الشبة جدا من فكرة داروين نفسه. ذلك أن جميع النظريات التطورية الشائعة قبل داروين-مثل نظريات لامارك وشامبرز وسبنسر وفلاسفة الطبيعة الألمان-رأت في التطور عملية هادفة تتجه نحو هدف محدد. وكان الاعتقاد السائد أن «فكرة» الإنسان والحياة النباتية والحياة الحيوانية المعاصرة كانت موجودة منذ بدء الخليقة ولو في فكر الله. ولقد حددت هذه الفكرة أو الخطة الاتجاه والقوة الموجهة لكل العملية التطورية، ومن ثم أضحت كل مرحلة جديدة من النمو التطوري هي تحقق أكثر كمالا لخطة موجودة منذ البدء[4].

لقد بدأ في نظر أكثر الناس أن إلغاء هذا النوع من التطور إلغائي هو الشيء الأكثر خطرا والأقل استساغة في آراء داروين [5]. إذ المعروف أن كتاب أصل الأنواع لم يعترف بأي هدف سواء أكان هدفا حدده الله أم حددته الطبيعة. وبدلا من ذلك بدأ الانتخاب الطبيعي الذي يعمل في البيئة القائمة ومن خلال الكائنات الحية الواقعية هو المسئول عن الظهور التدريجي، ولكنه ظهور مطرد وثابت، لمزيد من الكائنات الحية الأكثر إحكاما وتباينا وتخصصا. بل إن أعضاء تطورت وبلغت حد الإعجاز في تكيفها، مثل عيني

الإنسان ويديه-وهي أعضاء كانت دقة تصميمها وأدائها سببا في ظهور تفسيرات ميتافيزيقية-إنها هي في رأي الكتاب نتاج لعملية سارت في ثبات واطراد منذ البدايات الأولية، ولكن لم تكن مسيرتها صوب هدف ما مرسوم مقدما. وطبعي أن الاعتقاد بأن الانتخاب الطبيعي الناجم عن مجرد المنافسة بين الكائنات الحية وصراعها من أجل البقاء، هو الذي انتج الإنسان والحيوانات الراقية والنباتات مثل هذا الاعتقاد كان هو الجانب الأكثر قسوة وإزعاجا في نظرية داروين. إذ ماذا عسى أن يعني «التطور» و«النمو» و«التقدم» في حالة غياب هدف محدد؟ ولقد بدت هذه المصطلحات كلها فجأة في نظر كثيرين وكأنها مصطلحات متناقضة مع نفسها.

وإن القياس التمثيلي الذي يناظر بين تطور الكائنات الحية وبين تطور الأفكار العلمية يمكن المضي به قدما ودفعه بسهولة إلى مدى بعيد للغاية. ولكنه يقارب حد الكمال فيما يختص بالقضايا المثارة في هذا الفصل الختامي. وإن العملية التي عرضناها في الفصل الثاني عشر باعتبارها عملية انحلال للثورات هي الانتخاب عن طريق الصراع داخل المجتمع العلمي لأصلح سبيل لممارسة علوم المستقبل. والنتيجة الخالصة لتسلسل عمليات الانتخاب الثورية هذه، والتي تفصل بينها فترات يسود فيها البحث القياسي، هي جماع ما نملكه من أدوات تثير الإعجاب بما حققته من ملاءمة ونسميها المعارف العلمية الحديثة. وتميزت المراحل المتعاقبة في هذه العملية التطورية بزيادة التخصص والأحكام ودقة ووضوح التفاصيل. ولعل العملية كلها، أسوة بما افترضناه الآن بشأن التطور البيولوجي، لم تجر وفاء لهدف محدد، أو سعيا من أجل حقيقة علمية ثابتة، بها تكون كل مرحلة من مراحل تطور المعرفة العلمية نموذجا أفضل.

أحسب أن كل من تتبع هذه الدراسة إلى الغاية التي انتهت إليها سوف يشعر على الرغم من ذلك بالحاجة إلى أن يسأل: ولماذا تجرى العملية التطورية؟ على أي نحو يجب أن تكون الطبيعة، بما في ذلك الإنسان، حتى يصبح العلم أمرا ممكنا على الإطلاق؟ لماذا نقول حري بالمجتمعات العلمية أن تكون قادرة على الوصول إلى توافق راسخ في الآراء لا تبلغه المجالات الأخرى؟ ولماذا ينبغي أن يستمر توافق الآراء ويتصل عبر التغير من نموذج إرشادي إلى آخر؟ ولماذا ينبغي أن يفضي تغير النموذج الإرشادي دائما

وأبدا إلى أداة أكثر كمالا بأي معنى من المعاني تتجاوز به كل الأدوات المعروفة قبلا؟ لقد تمت الإجابة من وجهة نظر واحدة على كل تلك الأسئلة فيما عدا السؤال الأول. ولكنها حسب وجهة نظر أخرى لا تزال تنتظر الجواب على نحو ما كانت في بداية دراستنا هذه. إن المجتمع العلمي ليس وحده فقط الذي يتعين عليه أن يكون خاصا متميزا. وإنما العالم كله الذي يشكل المجتمع العلمي جزءا منه يجب أن تتوفر له هو الآخر سمات خاصة ومميزة تماما، ونحن لم نقترب بعد خطوة واحدة أكثر مما كنا في البداية في سبيل معرفة ماذا يجب أن تكون هذه الخصائص. بيد أن هذه المشكلة- على أي نحو يجب أن يكون العالم حولنا حتى يتسنى للإنسان أن يعرفه؟-لم تبتكرها هذه الدراسة. بل على العكس، إنها مشكلة قديمة قدم العالم ذاته، ولا تزال بغير إجابة. ولكن ليست هناك ضرورة تحتم الإجابة عليها هنا في هذا المكان. فإن أي تصور للطبيعة يتسق مع الفكرة القائلة إن العلم ينمو من خلال تأسيسه على البراهين إنما يتسق أيضا مع النظرة التطورية للعلم التي عرضناها هنا. وحيث أن هذه النظرة متسقة أيضا مع المشاهدة الدقيقة للحياة العلمية، فإن هناك من الحجج القوية ما يدعم استخدامها في محاولات لحل هذا الكم الكبير المتراكم من المشكلات بغير حل.

# حاشية ـ ١٩٦٩
# والنماذج الإرشادية

مضى الآن ما يقرب من سبعة أعوام كاملة منذ صدور الطبعة الأولى من هذا الكتاب [1]. وفي غضون هذه الفترة أصبحت أكثر فهما واستيعابا لعدد من القضايا التي يثيرها الكتاب وذلك بفضل ردود النقاد وبذل المزيد من الجهد من جانبي. وإن نظرتي فيما يختص بالأساسيات لا تزال كما هي لم تتغير تقريبا. بيد أنني أعترف الآن بأن طريقتي في عرضها انطوت على جوانب أثارت العديد من المشكلات وسوء الفهم دون مسوغ. ونظرا لأن بعض جوانب سوء الفهم ترجع لي أنا، لذا فإن التخلص منها وإسقاطها يمكنني من أن أقف على أرض صلبة تشكل في نهاية المطاف أساسا لصياغة جديدة للكتاب [2]. وإلى أن يتم ذلك فإنني أرحب بالفرصة التي أتاحت لي وضع التخطيط العام اللازم للتنقيحات الجديدة، والتعليق على بعض الانتقادات التي تواترت، والإشارة إلى الاتجاهات التي يتطور خلالها فكري الآن [3].

إن العديد من المشكلات الكبرى التي انطوى عليها النص الأصلي لكتابي تتركز حول مفهوم النموذج الإرشادي، ومنها تبدأ مناقشتي لها [4]. ويلاحظ القارئ في الفصل الفرعي التالي، ويحمل رقم ١، أنني أشير إلى الرغبة في فصل هذا المفهوم عن فكرة المجتمع العلمي، وأوضح كيف يمكن أن يحدث هذا. وأناقش بعض النتائج الهامة لعملية الفصل التحليلي الناجمة عن ذلك. وأتناول بعد ذلك بالدراسة ما يحدث عند التماس النماذج الإرشادية عن طريق فحص سلوك أعضاء مجتمع علمي محدد البنية مقدما. وسرعان ما تكشف هذه العملية عن أن مصطلح «نموذج إرشادي» استخدم في الجزء الأعظم من الكتاب بمعنيين مختلفين. فهو من ناحية يعبر عن جماع المعتقدات والقيم المتعارف عليها والتقنيات المشتركة بين أعضاء مجتمع بذاته. ويشير من ناحية أخرى إلى عنصر منفصل في هذا المركب الجامع وأعنى به

الحلول الواقعية للألغاز، التي إذا ما استخدمت كنماذج أو أمثلة يمكن أن تحل محل القواعد الصريحة كأساس لحل الألغاز المتبقية في نطاق العلم القياسي. والمعنى الأول للمصطلح، ولنسمه المعنى السوسيولوجي، هو موضوع الفصل الفرعي 2 فيما يلي.

وقد خصصت الفصل الفرعي 3 للنماذج الإرشادية باعتبارها أمثلة لإنجازات الماضي.

ويمكن القول من الناحية الفلسفية على أقل تقدير، إن المعنى الثاني لمصطلح «نموذج إرشادي» هو المعنى الأعمق فيما يختص بالمعنيين المشار إليهما، وإن ما سقته من آراء في ضوئه بين ثنايا الكتاب هي أساسا علة ما ثار من جدال وسوء فهم، خاصة ما يتعلق باتهامي بأنني أحول العلم إلى مشروع شخصي ولا عقلاني. وقد عرضت لهذه القضايا في الفصلين الفرعين 4 وهو يؤكد الفصل الأول بأن مصطلحات مثل «شخصي» و«حدسي» لا يمكن تطبيقها على نحو ملائم وصحيح على مكونات المعرفة التي عرضتها باعتبارها قائمة ضمنا في الأمثلة المشتركة بين أبناء الفريق. وعلى الرغم من أن مثل هذه المعرفة لا يمكن إعادة صياغتها في صورة قواعد ومعايير دون حدوث تغييرات جوهرية، إلا أنها مع ذلك معرفة نسقية صمدت لاختبارات الزمن، فضلا عن أنها قابلة للتصويب بمعنى من المعاني. ويطبق الفصل الفرعي[5] هذه الحجة على مشكلة الاختيار بين نظريتين متضاربتين، مؤكدا في محصلة موجزة أن الناس أصحاب وجهات النظر اللاقياسية يمكن تصورهم وكأنهم أعضاء في مجتمعات لغوية متباينة، وأن مشكلات الاتصال الفكري بينهم يمكن دراستها تحليليا باعتبارها مشكلات ترجمة. وناقشنا ثلاث قضايا أخرى متبقية في الفصلين الفرعيين الختاميين (6 ، 7).

يرد أولهما على الاتهام بأن النظرة إلى العلم المعروضة في هذا الكتاب هي نظرة نسبية من أولها إلى آخرها. ويبدأ الثاني بالبحث فيما إذا كانت حجتي تعاني حقا، كما قيل، من خلط بين الأسلوب الوصفي والأسلوب المعياري، وينتهي بعدد من الملاحظات الموجزة بشأن موضوع يستحق دراسة منفصلة: وهو المدى الذي يمكن عنده أن نطبق بصورة صحيحة ومشروعة الفرضيات العلمية الأساسية في هذا الكتاب على مجالات بحث أخرى غير العلم.

## ا - النماذج الإرشادية وبنية المجتمع العلمي:

جرى استخدام مصطلح «النموذج الإرشادي» مبكرا مع الصفحات الأولى من هذا الكتاب وكانت طريقة استخدامه تتصف الدورانية: فالنموذج الإرشادي هو قاسم مشترك بين أعضاء جماعة علمية، والعكس بالعكس، فالجماعة العلمية تتألف من رجال يشتركون معا في نموذج إرشادي واحد. وإذا لم تكن كل حالة من حالات الدوران شيئا سيئا (وسوف أدافع عن حجة لها هذا المبنى في ختام هذه الحاشية) إلا أن هذا الدوران كان سببا في نشوء مصاعب حقيقية. إن المجتمعات العلمية يمكن، ويجب، فرزها دون اللجوء مسبقا إلى النماذج الإرشادية. ويمكن اكتشاف هذه النماذج الإرشادية بعد ذلك من خلال الفحص المدقق لسلوك أعضاء مجتمع بذاته. ولو قدر لي أن أعيد كتابة هذا الكتاب فسوف أستهله بدراسة عن بنية مجتمع العلم، وهو موضوع أصبح مؤخرا مادة هامة ذات شأن كبير بين مشكلات البحث السوسيولوجي، كما شرع مؤرخو العلم بدورهم في الاهتمام به على نحو جاد. وتفيد النتائج الأولية لهذه الدراسات، التي لم ينشر الجزء الأكبر منها بعد، أن هذا البحث يستلزم توفر تقنيات متطورة للغاية وإذا كان بعضها ميسورا فإن البعض الآخر سيجرى استحداثه على وجه القطع واليقين 5. وإن غالبية ممارسي العلم يجيبون في آن واحد على التساؤلات بشأن انتسابهم إلى جماعاتهم العلمية، آخذين مأخذ التسليم إن المسئولية بشأن التخصصات الراهنة المختلفة جرى توزيعها بين جماعات تحددت عضويتها بصورة تقريبية على أقل تقدير. لذلك سأفترض هنا أننا سوف نهتدي إلى وسائل أكثر منهجية لتحديدهم. وبدلا من أن أعرض النتائج الأولية لهذه البحوث أوثر أن أحدد بإيجاز المفهوم الحدسي لكلمة الجماعة، والذي يشكل الأساس لغالبية الفصول السابقة في هذا الكتاب. لقد شاع هذا المفهوم الآن على نطاق واسع بين علماء الطبيعة وعلماء الاجتماع وبين عدد من مؤرخي العلم.

وحسب وجهة النظر هذه فإن أي مجتمع علمي يتألف من الممارسين لتخصص علمي محدد. ويكونون قد مروا بمرحلة متماثلة من حيث التعليم والتنشئة المهنية، وهي مرحلة لا نظير لها إلى حد ما في أكثر مجالات البحث الأخرى. ويستوعبون خلال هذه العملية ذات الأدب التقني، ويفيدون

منها نفس الدروس. ومن المعتاد أن تشكل حدود هذا الأدب المهني المعياري معالم مادة الموضوع العلمي، ونطاق بحثه، ويصبح لكل مجتمع علمي في العادة مادة درسية خاصة به. وهناك مدارس في مجالات العلم ومجتمعاته، بمعنى أنها تتناول ذات الموضوع من وجهات نظر متعارضة. بيد أنها هنا ظاهرة شديدة الندرة على عكس ما نلمسه في مجالات البحث الأخرى، وهي دائما في حالة تنافس، وعادة ما تحسم المنافسة بينها وتنتهي سريعا. ونتيجة لذلك يرى أعضاء أي مجتمع علمي أنفسهم، كما يراهم غيرهم، في صورة رجال مسؤولين وحدهم وعلى نحو فريد عن متابعة مجموعة من الأهداف المشتركة بينهم بما في ذلك تدريب من يخلفونهم. والاتصال الفكري بين هذه الجماعات يكون تاما وكاملا نسبيا، كما تكون أحكامهم بشأن المشروع المهني أحكاما إجماعية نسبيا. ولكن من ناحية أخرى فنظرا لأن انتباه المجتمعات العلمية المختلفة يكون منصبا على موضوعات مختلفة، لذا فإن الاتصال المهني بين جماعة وأخرى يكون أحيانا شاقا، وغالبا ما يؤدى إلى سوء تفاهم بل وربما، إذا ما استمر طويلا، يثير شقاقا خطيرا لم يكن متوقعا من قبل.

وطبعي أن توجد مجتمعات من هذا الطراز على مستويات عديدة. وأكبر هذه المجتمعات نطاقا هو المجتمع الذي يضم جميع المشتغلين بعلوم الطبيعة. وعند المستوى الأدنى من ذلك مباشرة نجد مجالات البحث العلمي الرئيسية التي تضم مجتمعات: علماء الفيزياء وعلماء الكيمياء وعلماء الفلك وعلماء الحيوان وما شابه ذلك. وعضوية هذه الجماعات الأساسية محدودة ومقررة بوضوح سوى ما يتعلق منها بحالات محدودة هامشية. ومن المعايير التي تعتبر معايير كافية لتحديد العضوية ما يختص منها بالحصول على أعلى درجة علمية في مجال البحث، وعضوية إحدى الجمعيات المهنية المتخصصة والاطلاع الواسع على بعض الدوريات العلمية. وثمة تقنيات مماثلة تتيح لنا تبيان وتمييز الجماعات الفرعية الأساسية: مثل علماء الكيمياء العضوية (وربما يضمون فيما بينهم أيضا علماء كيمياء البروتينات) وعلماء فيزياء الجوامد، وعلماء فيزياء الطاقة العالية، وعلماء الفلك الإشعاعي وغيرهم وتبدأ المشكلات التجريبية في الظهور فقط عند المستوى الأدنى التالي. ولكي نضرب مثالا عصريا على ذلك نسأل كيف كان

يتسنى فرز وبيان جماعة العلماء المتخصصين في البلعم ا قبل أن تعلن عن نفسها على الملأ؟ للإجابة على سؤال من هذا النوع يتعين على المرء أن يلجأ إلى المؤتمرات المتخصصة وتعميم المخطوطات أو مسودات الأبحاث الدراسية والمقالات قبل نشرها، ويحرص قبل كل شيء على الاتصال بشبكات الاتصال المختصة، الرسمية منها وغير الرسمية، بما في ذلك تلك التي يتم اكتشافها بالمراسلة أو من خلال الاستشهادات الصادرة عن مراكز مرجعية [6]. وإنني على يقين من أن هذا العمل يمكن أن يتم، بل وسوف يتم، إنجازه، على الأقل خلال المراحل الراهنة وللمراحل التاريخية الوشيكة. وسوف تساعد هذه الإجراءات على تحديد معالم جماعات ربما تضم مائة عضو، وأحيانا أقل من ذلك كثيرا. ومن المألوف أن ينتمي بعض العلماء الأفراد خاصة الأكثر تميزا أو أرفع مكانة، إلى عديد من هذه الجماعات، سواء جاء انتماؤهم إليها في آن واحد أم على فترات متعاقبة.

وتمثل الجماعات التي من هذا الطراز الوحدات التي تنتج وتصحح المعارف العلمية على نحو ما بينا في هذا الكتاب. والنماذج الإرشادية هي القاسم المشترك بين أعضاء هذه الجماعات. وإن العديد من جوانب العلم التي عرضتها الصفحات السابقة لا سبيل إلى فهمها، إلا في النادر، دون الإشارة إلى طبيعة هذه العناصر المشتركة بين أعضاء الجماعة. غير أن بالإمكان فهم بعض الجوانب الأخرى على الرغم من أنني لم أعرضها على نحو مستقل في النص الأصلي من الكتاب. والجدير بالذكر قبل التحول مباشرة إلى موضوع النماذج الإرشادية، أن نشير إلى سلسلة من القضايا موضوع الخلاف التي تستلزم الرجوع إلى بنية الجماعة وحدها فحسب.

ولعل أكثر الأمور إثارة للانتباه في هذا كله ما سبق أن وصفته بالانتقال من مرحلة ما قبل إلى مرحلة ما بعد النموذج الإرشادي في مسار تطور مجال البحث العلمي. وهذا التطور هو ما عرضت ملامحه العامة سابقا في الفصل الثاني. فقبل أن يتم الانتقال يتنازع عدد من المدارس في سبيل الهيمنة على مجال بذاته وبعد ذلك، وعلى أثر تحقق إنجاز علمي مرموق، ينخفض عدد المدارس انخفاضا ملحوظا، حتى ليصل عادة إلى مدرسة واحدة. ويبدأ في الظهور نموذج للممارسة العلمية أكثر فعالية. ويبدو هذا النموذج بوجه عام شديد التخصص، ومتجها نحو حل الألغاز، حيث أن

نشاط الجماعة العلمية لا يأخذ سبيله المعتاد إلا بعد أن يسلم أعضاء هذه الجماعة بأسس مجال بحثهم العلمي، ويعتبرونها أمرا يقينيا.

وإن طبيعة ذلك الانتقال نحو النضج موضوع جدير بدراسة تفصيلية كاملة أكثر مما تم في هذا الكتاب، خاصة من جانب أولئك المعنيين بتطور العلوم الاجتماعية المعاصرة. ووصولا إلى هذا الهدف، فقد يكون من المفيد بيان أن الانتقال ليس بحاجة (وأحسب الآن أنه ينبغي ألا يكون بحاجة) إلى أن يقترن بالضرورة بعملية التحديد الأولى لأحد النماذج الإرشادية. فالمعروف أن أعضاء جميع الجماعات العلمية، بما في ذلك مدارس مرحلة «ما قبل النموذج الإرشادي» يشتركون معا في الإيمان بأنواع العناصر التي اخترت لها اسما جامعا هو «نموذج إرشادي». والشيء الذي يتغير عند انتقال الجماعة إلى حالة النضج ليس وجود النموذج الإرشادي بل بالأحرى طبيعته. وهاهنا فقط يصبح ممكنا النشاط البحثي العادي المماثل لحل الألغاز. لذلك فإن الكثير من السمات المميزة للعلم المتطور والتي سبق أن قرنتها بتحديد أحد النماذج الإرشادية سوف أتناولها باعتبارها نتائج لعملية تحديد نوع النموذج الإرشادي الذي يتيح إمكانية تحديد الألغاز المثيرة للتحدي، ويزودنا بمفاتيح حلها، ويضمن نجاح الباحث الممارس الأكثر جدية وذكاء. وإن أولئك الباحثين الذين تواتيهم الشجاعة ويدركون أن مجال بحثهم المتخصص أو مدرستهم لها نماذج إرشادية خاصة بها وتقوم عليها إنما يشعرون على الأرجح بأن التحول أدى إلى التضحية بشيء جليل الشأن.

وثمة قضية أخرى مثار خلاف، وهي أهم على الأقل في نظر المؤرخين، نتجت عن المطابقة الضمنية على أساس علاقة واحد إلى واحد التي أثبتها هذا الكتاب بين الجماعات العلمية وبين موضوعات الدراسة العلمية. والمقصود بذلك أنني عمدت مرارا وتكرارا إلى التصرف وكأن «فيزياء البصريات» أو «الكهرباء» أو «الحرارة» على سبيل المثال هي التي تحدد سمات الجماعات العلمية نظرا لأن هذه المصطلحات تصف موضوعات البحث. ويبدو أن التفسير الممكن الوحيد الذي يسمح به نص كتابي هذا هو أن جميع هذه المواد تنتمي إلى جماعة الفيزياء. غير أن مطابقات من هذا النوع لن تصمد في العادة للاختبار كما أكد لي مرارا زملائي من الباحثين في مجال التاريخ. مثال ذلك أنه لم تكن هناك جماعة فيزياء قبل منتصف

القرن التاسع عشر، وأنها تشكلت آنذاك نتيجة اتحاد بين أجزاء لجماعتين كانتا في السابق جماعتين منفصلتين وهما الرياضيات والفلسفة الطبيعية (أو الفيزياء التجريبية). وأن ما نعتبره اليوم موضوعا دراسيا لجماعة واحدة واسعة كان موزعا على نحو مختلف بين جماعات متباينة في الماضي. وهناك موضوعات بحث أخرى أضيق نطاقا مثل الحرارة ونظرية المادة ظلت موجودة أحقابا طويلة دون أن تتحول إلى مجال بحث خاص لأي جماعة علمية منفردة. بيد أن كلا من العلم القياسي والثورات هي جميعها أنشطة رهن بوجود هذه الجماعات. ولكي يتسنى للمرء أن يكتشفها ويحللها لابد له أن يتبين أولا البنية المتغيرة للجماعات العلمية على مدى الزمان. فكل نموذج إرشادي ينظم في المحل الأول طائفة من العلماء الباحثين وليس موضوع الدراسة العلمية. وأن أي دراسة لبحث ملتزم بتوجيه النموذج الإرشادي أو لبحث يعمل على تقويض نموذج إرشادي لا بد أن تبدأ أولا بتحديد وضع ومكان الجماعة أو الجماعات المسئولة.

وإذا تناولنا تحليل التطور العلمي على هذا النحو فإن العديد من المشكلات التي انصب عليها النقد سوف تزول على الأرجح. فلقد استخدم عدد من المعلقين على سبيل المثال نظرية المادة لبيان أنني أغالي بصورة متطرفة في إجماع العلماء على ولائهم للنموذج الإرشادي. ويؤكدون أن تلك النظريات كانت وحتى عهد قريب جدا موضوع خلاف متصل وجدال مستمر. وأنا أتفق مع هذا العرض، غير أنني لا أراه حجة ضدي. فنظريات المادة لم تكن، وحتى عام 1920على الأقل، المجال الخاص أو موضوع الدراسة الخاص لأي جماعة علمية بذاتها. بل كانت بدلا من ذلك أدوات لعدد كبير من جماعات الأخصائيين العلميين. ويعمد أحيانا أعضاء الجماعات المختلفة إلى اختيار أدوات متباينة وينتقدون اختيار غيرهم. والأهم من ذلك أن نظرية عن المادة ليست من نوع الموضوع الذي يتعين أن يتفق بشأنه الأعضاء حتى ولو كانوا أعضاء جماعة منفردة. إن الحاجة إلى الاتفاق أو ضرورته رهن بما تفعله الجماعة. وخير مثال على ذلك علم الكيمياء في النصف الأول من القرن التاسع عشر. إذ على الرغم من أن العديد من الأدوات الأساسية التي تستخدمها جماعة البحث-النسب الثابتة والنسبة المتضاعفة والأوزان المتكافئة-أضحت ملكية مشتركة بين الباحثين نتيجة لنظرية دالتون الذرية،

إلا أنه كان من الممكن تماما لعلماء الكيمياء بعد هذا الاكتشاف أن يؤسسوا عملهم على هذه الأدوات وأن يختلفوا، اختلافا حامي الوطيس أحيانا، بشأن وجود الذرات.

وفي اعتقادي أن بعض المشكلات ومظاهر سوء الفهم الأخرى يمكن حسمها بنفس الطريقة. إذ حدث أن استخلص عدد قليل ممن قرأوا هذا الكتاب أن همي الأول أو الوحيد هو الثورات الكبرى في مجال العلم على نحو تلك الثورات التي اقترنت بأسماء كوبرنيكوس أو نيوتن أو داروين أو آينشتين. ويرجع ذلك من ناحية إلى الأمثلة التي اخترتها، كما يرجع من ناحية أخرى إلى غموض عباراتي في تحديد طبيعة وحجم الجماعات المعنية. غير أن تحديد معالم بنية جماعة البحث بصورة أكثر وضوحا ربما يساعد على غلبة الانطباع الآخر الذي أردت أن أبرزه. فالثورة عندي نوع خاص من التغير ينطوي على نوع معين من التجديد أو إعادة تنظيم التزامات جماعة البحث. ولكن ليس من الضروري أن تكون تغيرا هائلا، ولا من الضروري أن تبدو حدثا ثوريا في أعين الغرباء عن جماعة البحث، التي ربما تتألف من عدد يقل عن خمسة وعشرين شخصا. إذ نظرا لأن هذا الطراز من التغير، الذي نادرا ما تسلم به فلسفة العلم وتضعه موضع الدراسة، يقع بانتظام على هذا المستوى المحدود الضيق، لذا بات التغير الثوري، مقابل التغير التراكمي، بحاجة ماسة إلى أن نفهمه.

وثمة تغيير آخر وأخير يرتبط ارتباطا وثيقا بالسابق، وقد يسهم في تيسير هذا الفهم. فقد ارتاب عدد من النقاد فيما إذا كانت الأزمة، بمعنى الوعي المشترك بأن هناك خطأ ما، تسبق الثورة دائما وأبدا كما يفيد ضمنا النص الأصلي للكتاب. غير أن ما سقته من حجج لا يتضمن أي شيء هام يتوقف على كون الأزمات شرطا مطلقا سابقا على حدوث الثورات. إذ يكفي أن تكون هي المقدمة العادية التي تهيئ آلية للتصحيح الذاتي تكفل ألا يطرد جمود العلم القياسي ويمضى إلى الأبد دون أي تحديات. ومن الممكن أيضا أن تحدث الثورات بصورة أخرى، وإن كان ذلك في اعتقادي أمرا نادرا. علاوة على هذا أود أن أؤكد هنا ما تسبب فيه قصور دراسة بنية الجماعة العلمية من غموض: إن الأزمات لا تتولد لزاما بسبب أعمال الجماعة التي تعاني منها، والتي تجتاز ثورة نتيجة لذلك. إذ أن أجهزة

جديدة مثل الميكروسكوب الإلكتروني أو قوانين جديدة مثل قوانين ماكسويل قد تستحدث في مجال بحث متخصص ويؤدى استيعابها إلى نشوء أزمة في مجال بحث آخر.

## 2- النماذج الإرشادية باعتبارها مجموعة مؤلفة من التزامات جماعة البحث

ننتقل الآن إلى النماذج الإرشادية ونسأل ماذا عساها أن تكون؟ هذه هي المسألة الأكثر غموضا والأهم شأنا في كتابي الأصلي. وهاهو ذا قارئ يناصرني الرأي ويشاركني الاعتقاد بأن مصطلح «النموذج الإرشادي» يمثل العنصر الفلسفي المركزي في الكتاب، وقد أعد ثبتا تحليليا جزئيا، وانتهى إلى أنني استخدمت لك المصطلح في اثنين وعشرين استعمالا مختلفا على أقل تقدير (7). واعتقد الآن أن أكثر هذه الاختلافات مرجعها إلى تضارب في الأسلوب (مثال ذلك قوانين نيوتن فهي حينا نموذج إرشادي وحينا آخر أجزاء من نموذج إرشادي، وحينا ثالثا منسوبة إلى نموذج إرشادي)، وأن بالإمكان التخلي عنها بسهولة نسبية، ولكن يتبقى بعد ذلك استعمالان للمصطلح مختلفان تمام الاختلاف، ويلزم التمييز بينهما. ويمثل الاستعمال الأول الأكثر عمومية وشمولا موضوع هذا الفصل الفرعي، أما الاستعمال الثاني فسوف نبحثه في الفصل الفرعي التالي.

بعد أن فرزنا جماعة بذاتها من الباحثين المتخصصين بناء على تقنيات مماثلة لتلك التي عرضنا لها توا، قد يكون من المفيد للمرء أن يسأل: ما هو القاسم المشترك بين أعضاء جماعة البحث هذه، بحيث يفسر الكمال النسبي للاتصالات بينهم على المستوى المهني، والإجماع النسبي في أحكامهم المهنية؟ يجيز الكتاب الأصلي الإجابة على هذا السؤال بقولنا: النموذج الإرشادي أو مجموعة النماذج الإرشادية. ولكن المصطلح لا يلائم هذا الاستعمال، على عكس الاستعمال الذي سنعرض له فيما بعد. وقد يقول العلماء أنفسهم أنهم يشتركون معا في نظرية أو في مجموعة من النظريات. وكم أكون مسرورا لو استخدمنا المصطلح بهذا المعنى في نهاية الأمر. بيد أن مصطلح «نظرية» كما يجرى استخدامه الآن في مجال فلسفة العلم يدل على بنية أضيق من حيث الطبيعة والنطاق من البنية التي نعنيها هنا. وإلى أن يتم

تحرير المصطلح من مدلولاته الراهنة سنلتزم بمصطلح آخر تحاشيا لأي خلط. وأقترح الآن استخدام مصطلح «قالب مبحثي Disciplinary Matrix» وهو «مبحثي» لأنه يشير إلى أن الباحثين الأخصائيين يربطهم معا مبحث معرفي ودراسي محدد، و«قالب» لأنه يتألف من عناصر منتظمة ومختلفة الأنواع، كل منها يستلزم دراسة تفصيلية متخصصة. ومن ثم فإن كل، عناصر التزام جماعة البحث، التي يدرجها كتابي الأصلي تحت اسم نماذج إرشادية أو أجزاء من نماذج إرشادية، أو ينسبها إلى نماذج إرشادية أو الغالبية العظمى منهم، إنما هي مكونات هذا «القالب المبحثي»، وهي بحكم كونها كذلك فإنها تشكل كلا واحدا وتعمل معا في وحدة واحدة. ومع ذلك لا محل لدراستها بعد الآن وكأنها قطعة واحدة. ولن أحاول الآن تقديم قائمة شاملة بل سأكتفي بالإشارة إلى العناصر الرئيسية من مكونات القالب المبحثي اعتقادا منى بأنها ستوضح طبيعة نهجي الراهن في معالجة الموضوع، وتمهد السبيل في الوقت ذاته للموضوع الرئيسي التالي.

سوف أطلق عبارة «التعميمات الرمزية» على نوع هام من هذه المكونات الأساسية، وأعنى بذلك تلك التعبيرات التي يستخدمها أعضاء جماعة البحث دون ارتياب أو اختلاف بشأنها، والتي يمكن وضعها بسهولة في صيغة منطقية مثل $(X)(Y)(Z)\phi(XYZ)$ فهذه هي المكونات التي يسهل صياغتها للقالب المبحثي، ونجدها أحيانا في صيغة رمزية جاهزة ق= ك جـ أو ت = ف/ م وهناك غيرها نعبر عنها عادة بالكلمات بدلا من الرموز: «تتحد العناصر وفقا لنسب ثابتة في الوزن» أو «الفعل مساو لرد الفعل». وإذا لم تتوفر عبارات متفق عليها بعامة مثل هذه فسوف ينتفي أي موضوع يمكن أن يتخذه أعضاء جماعة البحث كنقطة انطلاق لإمكاناتهما التقنية قي المعالجة المنطقية والرياضية لجهودهم في سبيل حل الألغاز. وعلى الرغم من أن مثال علم التصنيف يفيد بأن العلم القياسي يمكنه أن يبدأ بعدد قليل من مثل هذه التعبيرات، إلا أن قوة أي علم تتزايد بعامة فيما يبدو بتزايد عدد التعميمات الرمزية المتاحة للأخصائيين الممارسين لهذا العلم.

وتشبه هذه المبادئ العامة قوانين الطبيعة، غير أن وظيفتها لأعضاء الجماعة لا تقتصر على هذا فحسب. فقد تكون أحيانا على هذه الصورة:

مثال ذلك قانون جولي-لنتس ح = ت م 2، إذ عندما اكتشف هذا القانون كان أعضاء جماعة البحث يعرفون مسبقا دلالة كل من هذه الرموز: ح، ت، م، وكل ما فعلته هذه المبادئ العامة هو أن قالت لهم شيئا عن سلوك الحرارة والتيار والمقاومة مما لم يكونوا يعرفونه من قبل. ولكن التعميمات الرمزية غالبا ما تقوم بوظيفة أخرى كما أفادت بذلك دراستنا السابقة في الكتاب، وهى وظيفة يميزها عادة تمايزا كاملا وتاما فلاسفة العلم في دراساتهم التحليلية. مثال ذلك ق= ك حـ (حيث ق = القوة، ك = الكتلة، حـ = العجلة-المترجم) أو ت = ف م (حيث ت = التيار أو شدة التيار، ف = الفولت، م = المقاومة-المترجم) فهذان المبدأين العامان يعملان من ناحية باعتبارهما قانونين ولكنهما يعملان أيضا من ناحية أخرى باعتبارهما تعريفين لبعض الرموز وهي الرموز المستخدمة فيهما. زد على ذلك أن العلاقة بين دورهما كقانون ودورهما كتعريف (وهما دوران لا ينفصلان عن بعضهما أبدا) هي علاقة تتغير على مدى الزمن. ولكن هاتين النقطتين قد تحتاجان إلى دراسة تحليلية مستفيضة، نظرا لأن طبيعة الالتزام بقانون ما تختلف اختلافا بينا عن طبيعة الالتزام بتعريف. فالقوانين في الغالب الأعم قابلة للتصويب واحدا واحدا، أما التعريفات وهي تحصيل حاصل، فليست كذلك. مثال ذلك أن جانبا مما استلزمته الموافقة على قانون أوم تمثل في إعادة تعريف كل من «تيار» و«مقاومة»؛ ولو حدث وظل معنى هذين المصطلحين مثلما كانا قبل ذلك، لأصبح قانون أوم خطأ، وهذا هو السبب فيما لاقاه من معارضة شديدة شرسة على عكس الحال بالنسبة لقانون جولي-لينتس [8]. ولعل هذا موقف نمطي يتكرر دائما. وغالبا ما يراودني اعتقاد بأن جميع الثورات العلمية تنطوي، من بين جملة أمور أخرى، على إسقاط المبادئ العامة التي تمثلت قوتها في السابق في أنها من ناحية من النواحي تحصيل حاصل. ترى هل أوضح لنا آينشتين أن التزامن نسبى أم أنه غير مفهوم التزامن ذاته؟ وهل أولئك الذين رأوا أن عبارة «نسبية التزامن» تنطوي على مفارقة كانوا على خطأ تماما ولا شيء آخر؟

لنبحث بعد ذلك طرازا ثانيا من العناصر المكونة للقالب المبحثي الذي تحدثت عنه كثيرا في كتابي الأصلي تحت عناوين مثل «النماذج الإرشادية الميتافيزيقية» أو «الجوانب الميتافيزيقية في النماذج الإرشادية». وأعنى

بدلك الالتزام الجمعي أو المشترك بمعتقدات معينة مثل: الحرارة هي الطاقة المولدة للحركة «الكينيتية» في الأجزاء المكونة للأجسام. أو جميع الظواهر التي تدركها حسيا راجعة إلى التفاعل بين ذرات محايدة كيفيا في الفراغ، أو أيضا، راجعة إلى المادة والقوة أو إلى المجالات. وإذا قدر لي أن أعيد صياغة الكتاب من جديد فإنني سوف أصف هذه الالتزامات بأنها معتقدات تؤمن بنماذج محددة، كما سأوسع من مقولة النماذج لتشمل أيضا أنواعا كشفية نسبيا: فالدائرة الكهربية يمكن اعتبارها دائرة هيدروديناميية في حالة ثبات، وجزيئات الغاز تسلك مثل كرات بلياردو صغيرة لديه تتحرك حركات عشوائية. وعلى الرغم من أن قوة التزام الجماعة تتغير وتتباين لأسباب لا تخلو من أهمية، على مدى نطاق واسع يمتد من النماذج الكشفية إلى النماذج الأنطولوجية، إلا أن جميع هذه النماذج لها وظائف متماثلة. ذلك أنها من بين جملة أمور عديدة، تزود جماعة البحث بقياس تمثيلي أو تشبيه مجازى سائغ أو مفضل على سواه. وهي بذلك تساعد على تحديد قائمة بالألغاز التي لم تحل، وعلى تقييم أهمية كل منها. ولكن يجب أن نلاحظ على الرغم من ذلك أن أعضاء الجماعات العلمية قد لا يشتركون معا بالضرورة في نماذج كشفية، وإن كان هذا هو الحال عادة. وسبق لي أن أوضحت أن الحصول على عضوية جماعة الباحثين الكيميائيين خلال النصف الأول من القرن التاسع عشر لم يكن يستلزم، كشرط أساسي، الاعتقاد بوجود الذرات.

المجموعة الثالثة من عناصر القالب المبحثي سأعرضها بوصفها قيما. وهي بوجه عام واسعة الانتشار كعناصر مشتركة بين جماعات البحث المختلفة، وتعد أوسع انتشارا من التعميمات الرمزية أو النماذج ونفيد كثيرا في أنها تعطي الباحثين الأخصائيين في مجال علوم الطبيعة في مجموعهم إحساسا بالانتماء إلى جماعة بحث مميزة. وعلى الرغم من أنها تقوم بدورها هذا في جميع الأوقات: إلا أن أهميتها الخاصة تظهر عندما يتعين على أعضاء جماعة بحث بذاتها أن يتعرفوا على الأزمة وتحديدها، أو يتعين عليهم في مرحلة تالية، الاختيار بين نهجين متضاربين لممارسة مبحثهم العلمي. ولعل أكثر القيم رسوخا وعمقا هي القيم المتعلقة بالتنبؤات: إذ يجب أن تكون دقيقة، والقيم الكمية منفصلة عن القيم الكيفية، وأيا كان

هامش الخطأ المسموح به إلا أنه يتعين الوفاء بها واحترامها دائما في مجال بذاته، وما إلى ذلك. ولكن هناك أيضا قيم تستخدم للحكم على النظريات الكاملة: إذ يجب أولا وقبل كل شيء أن تسمح بصياغة الألغاز وإيجاد حلول لها، وأن تكون كلما أمكن ذلك سهلة ومتسقة مع نفسها ومقبولة عقلا، ومتجانسة، أي متجانسة مع النظريات الأخرى السائدة في وقتها (وأرى الآن أن من نقاط الضعف في كتابي الأصلي أنني أوليت قيم التجانس الباطني والخارجي اهتماما ضئيلا خلال دراستي لمنابع الأزمة والعوامل الحاكمة لاختيار نظرية من النظريات). وهناك بطبيعة الحال أنواع أخرى من القيم-مثال ذلك أن العلم ينبغي أن يكون (أم لا يجب أن يكون بالضرورة) نافعا اجتماعيا؟-بيد أنني أعتقد أن ما سبق بيانه يوضح ما يدور في ذهني.

غير أن جانبا واحدا من القيم المشتركة يقتضي منا اهتماما خاصا. فالقيم يمكن أن تكون مشتركة بين عدد من العلماء على نطاق أوسع مما هو حادث بالنسبة للعناصر الأخرى في القالب أو الإطار المبحثي، وان اختلف هؤلاء العلماء في تطبيقها. ونلحظ أن أحكام الدقة أحكام ثابتة نسبيا وأن لم تكن كذلك بصورة تامة، من عصر إلى آخر، ومن عضو إلى آخر، داخل جماعة بحث بذاتها. غير أن أحكام البساطة والاتساق والمقبولية وغير ذلك فغالبا ما تتباين تباينا كبيرا من جزء إلى آخر. فما كان عند آينشتين تهافتا أو نقصا في الاتساق لا يحتمل في النظرية الكمية «الكوانطية» القديمة، وهو تهافت بلغ حدا جعل استمرارية العلم القياسي أمرا مستحيلا، كان عند بور وآخرين مشكلة صعبة من المتوقع، في نظرهم، بها بالوسائل العادية. والأهم من ذلك أن نلاحظ في المواقف التي تقتضينا تطبيق القيم أن هناك قيما مختلفة، إذا ما نظرنا إليها على حدة غالبا ما تفرض علينا خيارات متباينة. وقد تكون نظرية ما أكثر دقة ولكنها أقل اتساقا أو أقل قبولا في ظاهر الأمر عن غيرها، وخير مثال على ذلك للمرة الثانية نظرية الكم «الكوانطا» القديمة. صفوة القول أنه على الرغم من أن القيم تمثل قاسما مشتركا على نطاق واسع بين العلماء، وعلى الرغم من أن الالتزام بها عميق وصميمي في العلم، إلا أن تطبيق القيم يتأثر أحيانا تأثرا كبيرا بالقسمات المميزة للشخصية الفردية وتاريخ الحياة الشخصية، وهي أمور تمايز بين أعضاء الجماعة الواحدة.

وبدأ في نظر كثيرين ممن طالعوا الفصول السابقة أن الخاصية المميزة للطريقة التي تعمل بها القيم المشتركة بين أعضاء جماعة البحث تمثل نقطة ضعف أساسية في موقفي. ونظرا لأنني أشدد على أن ما هو مشترك بين العلماء غير كاف لفرض موافقة إجماعية متسقة بشأن موضوعات بذاتها مثل الاختيار بين نظريتين متنافستين أو التمييز بين حالة شذوذ عادية وبين حالة شذوذ تثير أزمة، لذلك أجدني أحيانا متهما بتمجيد الذاتية بل واللاعقلانية [9]. بيد أن هذه الاستجابة تغفل خاصيتين تكشف عنهما أحكام القيمة في أي مجال من مجالات البحث. أولا، أن القيم المشتركة يمكن أن تكون محددات هامة لسلوك الجماعة حتى ولو لم يطبقها جميع أعضاء جماعة البحث بنفس الطريقة. (وإذا لم يكن الحال كذلك فلن تكون هناك مشكلات فلسفية خاصة متميزة بشأن نظرية القيم أو علم الجمال). فالناس لم يرسموا جميعا على نحو متشابه عبر العصور التي كان فيها التعبير بالرسم قيمة أولية، ولكن المسار التطوري للفنون التشكيلية تغير بالكامل على إثر التخلي عن هذه القيمة [10]. ولنتخيل ما الذي يمكن أن يحدث في مجال العلوم لو لم يعد الاتساق قيمة أولية. ثانيا، إن قابلية التباين بين الأفراد في تطبيق القيم المشتركة يمكن أن يؤدى وظائف جوهرية للعلم. فالموضوعات التي يتعين تطبيق القيم بشأنها هي دائما وأبدا تلك الموضوعات التي يتعين عندها قبول المخاطرة. فأكثر حالات الشذوذ يتم حسمها بالوسائل العادية، وأكثر الاقتراحات الخاصة بنظريات جديدة يثبت خطؤها. ولو أن جميع أعضاء أي جماعة للبحث استجابت إزاء كل حالة شذوذ باعتبارها مصدر أزمة، أو لو أنهم قبلوا وتمثلوا أي نظرية جديدة يقدمها زميل لهم، لو حدث ذلك لتوقف العلم تماما. ومن ناحية أخرى لو حدث ولم يستجب أحد لحالات الشذوذ أو لمشروعات النظريات الجديدة ورفضوا كلهم المخاطرة لما حدثت ثورات على الإطلاق أو حدث قليل جدا منها. وفي مثل هذه الأمور فإن الاستعانة بالقيم المشتركة دون القواعد المشتركة التي تحكم الاختيار الفردي يمكن أن تكون هي السبيل الأمثل لدى جماعة البحث لتوزيع المخاطرة وضمان نجاح مشروعها على المدى البعيد.

ولننتقل الآن إلى النوع الرابع من عناصر القالب المبحثي، وهو ليس آخرها، ولكنه الأخير الذي أعرض له هنا. وسوف نجد أن مصطلح «النموذج

الإرشادي» هو الأوفق له تماما، سواء من حيث فقه اللغة أو من حيث السيرة التاريخية. إذ أن هذا هو العنصر الأساسي في الالتزامات المشتركة بين أعضاء جماعة البحث الذي قاد في أول الأمر إلى اختيار تلك الكلمة. ولكن نظرا لأن هذا المصطلح بات له وجود مستقل، فسوف أستخدم هنا بدلا عنه كلمة «أمثلة». وأعنى بها بداية الحلول الموضوعية للمشكلات التي يواجهها الدارسون في مستهل دراستهم للعلم، سواء داخل المعمل أم كموضوعات في الامتحانات أم في نهاية فصول كتب العلوم الدراسية. ولكن حري بنا أن نضيف على الأقل إلى هذه الأمثلة المشتركة بعض حلول المشكلات التقنية التي تعرض لنا في النشرات الدورية والتي تجابه العلماء خلال حياتهم العلمية وأثناء إجراء البحوث الدراسية بعد التخرج، والتي توضح لهم بالأمثلة كيف يؤدون عملهم. وأن الفوارق بين مجموعات الأمثلة المختلفة هي التي تكسب جماعة البحث بنية العلم الدقيقة أكثر مما تفعل جميع العناصر الأخرى المكونة للقالب المبحثي. فجميع علماء الفيزياء على سبيل المثال يبدأون بدراسة نفس الأمثلة: مشكلات مثل السطح المائل والبندول المخروطي ومدارات كبلر الفلكية، وكذلك أدوات وأجهزة مثل آلة الورنية 4 والمسعر أو جهاز قياس السعرات الحرارية، وقنطرة هويتسون لقياس المقاومة الكهربائية. ولكن كلما ازداد تدربهم ونما مرانهم كلما ازداد التعبير عن التعميمات الرمزية المشتركة بينهم بأمثلة مختلفة. وعلى الرغم من أن علماء فيزياء الأجسام الصلبة ونظرية المجال يشتركون معا في معادلة شرودنجر فيما يختص بميكانيكا الأمواج إلا أن استخداماتها الأولية جدا هي القاسم المشترك بين الفريقين.

### 3- النماذج الإرشادية باعتبارها أمثلة مشتركة

النموذج الإرشادي باعتباره مثالا مشتركا بين أعضاء جماعة البحث يمثل العنصر المركزي لما أراه الآن الجانب الأحدث، والأقل فهما، في هذا الكتاب. لذلك سوف تقتضي الأمثلة منا اهتماما أكثر من اهتمامنا بأنواع العناصر الأخرى المكونة للقالب المبحثي. ولم يحدث عادة أن درس فلاسفة العلم المشكلات التي تجابه الدارسين في المعامل أو في نصوص كتب العلوم الدراسية، اعتقادا منهم أن الهدف من هذه أو تلك هو فقط تهيئة فرص

الممارسة العملية لاستخدام ما عرفه الدارس بالفعل. ويقال أن الدارس لا يسعه حل المشكلات على الإطلاق ما لم يكن قد درس أولا النظرية وبعض القواعد اللازمة لتطبيقها. إن المعرفة العلمية كامنة في النظرية وفي القواعد العامة، ولكننا نعطى الدارس مسائل لتدريبه على تطبيقها في سهولة ويسر. بيد أنني حاولت أن أؤكد أن تحديد مواضع المحتوى المعرفي للعلم على هذا النحو خطأ. إذ بعد أن يقوم الدارس بحل كثير من المسائل فإنه قد لا يكتسب سوى مزيد من السهولة لحل المزيد منها. ولكن في البداية، وبعد فترة من الزمن يصبح حل المسائل بمثابة تعلم أمور هامة عن الطبيعة. وإذا لم تتوفر هذه الأمثلة فإن القوانين والنظريات التي سبق له دراستها ستكون ذات محتوى عملي وتجريبي ضئيل.

ولكي أوضح ما أعنيه سأعود بإيجاز إلى التعميمات الرمزية. يعتبر قانون الحركة الثاني عند نيوتن أحد الأمثلة المشتركة بين الباحثين على نطاق واسع، والذي نكتبه عادة في صيغة ق= ك حـ. ولكن عالم الاجتماع، أو قل عالم اللغة الذي يتبين له أن التعبير المناظر ينطقه أعضاء جماعة بحث بذاتها ويتقبلونه دون أية مشكلة لا بد له أن يجرى المزيد من البحوث الإضافية لكي يفهم جيدا معنى التعبير والمصطلحات الواردة فيه، ولكي يفهم أيضا الكيفية التي يربط بها علماء هذه الجماعة بين التعبير وبين الطبيعة. وواقع الأمر أن قبولهم له قبول تسليم دون تساؤل، واستخدامهم له كنقطة بداية في التعامل المنطقي والرياضي لا يعنى بأي شكل من الأشكال أنهم على وفاق تماما بشأن معناه واستخدامه، ولا ريب في أنهم على وفاق بدرجة كبيرة، وإلا لتكشف الخلاف سريعا فيما يجرى من مناقشات بينهم بعد ذلك. ولكن من حق المرء أن يسأل عند أي نقطة وبأي وسيلة انتهوا إلى ذلك. كيف تعلموا إذا ما واجههم موقف تجريبي محدد، أن يميزوا جيدا القوى والكتل والعجلات المناظرة؟

وفي التطبيق العملي، على الرغم من أن هذا الجانب لا يلحظه أحد إلا نادرا، وربما لا يلحظه أحد بتاتا، إلا أن ما يتعين على الدارسين دراسته فهو شيء أكثر تعقيدا من ذلك. فليس الأمر كذلك تماما حين نقول إن أساليب المعالجة المنطقية والرياضية تطبق مباشرة على ق = ك حـ. فإن هذا التعبير يؤكد عند الاختبار أنه خلاصة أو مجمل قانون. ومع انتقال الدارس

أو الباحث العلمي الممارس من مسألة عملية إلى المسألة التالية لها، يتغير التعميم الرمزي الذي تنطبق عليه هذه المعالجات. فبالنسبة لعجلة السقوط الحر نلحظ

أن ق= ك حـ تصبح ك ع = ك $\frac{\text{د}^2\ \text{ف}}{\text{د ز}^2}$

وبالنسبة للبندول البسيط تتحول إلى ك ع حا$\theta$ = - ك ل $\frac{\text{د}^2\theta}{\text{د ز}^2}$

وبالنسبة لآلتي ذبذبة تتحركان حركة توافقية وتؤثران في بعضهما بعضا تتحول إلى معادلتين الأولى نكتبها على النحو التالي:

$\text{ك}_1$ : $\frac{\text{د}^2\text{ف}_1}{\text{در}^2}$ + $\text{ص}_1$ $\text{ف}_1$ = $\text{ص}_2$ [$\text{ف}_2$- $\text{ف}_1$ + د]

حيث ص = ثابت، د = تفاضل مرة، $\text{د}^2$ = تفاضل مرتين

وبالنسبة لمواقف أكثر تعقيدا، مثل الجيروسكوب 5، فإنها تأخذ أيضا صيغا أخرى، بحيث يصبح من المتعذر أكثر من قبل الكشف عن التماثل العائلي بينها وبين صيغة ق = ك X حـ. إلا أن الدارس حين يتعلم تحديد القوى والكتل والعجلات في مواقف فيزيقية متباينة لم يواجهها من قبل، فإنه يكون قد تعلم أيضا وضع الترجمة الملائمة للصيغة ق = ك X حـ التي يربط من خلالها بين تلك العناصر المشاهدة وغالبا ما تكون ترجمة لم يصادف من قبل مكافئنا حرفيا لها. كيف تعلم أن يفعل ذلك؟

مفتاح الإجابة نجده في ظاهرة مألوفة لدى كل من طلاب العلم ومؤرخيه. فالأولون يقولون عادة أنهم قرأوا فصلا من كتابهم الدراسي وأجادوا فهمه، ولكنهم على الرغم من ذلك يجدون صعوبة في حل عدد من المسائل الواردة في ختام الفصل. والمألوف أن تزول هذه الصعاب بنفس الطريقة. ويكتشف الطالب، بمساعدة معلمه أو بدون مساعدة منه، طريقة يرى من خلالها المسألة الصعبة شبيهة بمسألة أخرى سبق أن عرضت له. وحين يتبين وجه التشابه، ويدرك التماثل بين مسألتين متمايزتين أو أكثر يمكنه أن يحدد العلاقات المتبادلة بين الرموز، ويربطها بالطبيعة مستعينا في ذلك بالوسائل التي تأكدت فعاليتها فيما سبق. فمجمل القانون، ولنقل مثلا ق = ك X حـ استخدم كأداة دلت الطالب على أوجه التماثل التي يتعين عليه البحث

عنها، ودلته أيضا على الصورة الكلية التي يمكنه أن يرى فيها الموقف إجمالا. هذه القدرة المترتبة على ذلك، والتي تؤهله لكي يرى مواقف عديدة وكأنها متشابهة وتتدرج جميعها تحت القانون ق = ك X حـ أو غيره من التعميمات الرمزية، أقول إن هذه القدرة في رأي هي الشيء الرئيسي الذي يكتسبه الطالب عن طريق تعلم حل مسائل بصفتها أمثلة، سواء مستخدما ورقة وقلما أو داخل معمل جيد التجهيز للهدف نفسه. وبعد أن يكون قد أتم حل عدد محدد، قد يتباين تباينا واسعا من شخص إلى آخر، ينظر إلى المواقف التي تعرض له نظرة عالم من خلال نفس الصورة الكلية التي يراها الآخرون من الباحثين المتخصصين أعضاء جماعته العلمية. وإذا بها لم تعد بالنسبة له ذات المواقف التي واجهها وقتما بدأ عملية التدريب. لقد استوعب في غضون تلك الفترة الطريقة التي تجيزها جماعة البحث لرؤية الأشياء، والتي خضعت لمحك الزمن.

وإن دور علاقات التماثل المكتسبة من خلال الدراسة يتجلى بوضوح أيضا في تاريخ العلم. فالعلماء يحلون الألغاز عن طريق مطابقتها لنماذج من حلول لألغاز سابقة، ودون الرجوع في الغالب للتعميمات الرمزية إلا في أقل الحدود الممكنة. فلقد اكتشف جاليليو أن كرة تتدحرج هابطة على سطح مائل تحتاج إلى نفس القدر فقط من السرعة الموجهة لإعادتها إلى ذات الارتفاع الرأسي فوق سطح مائل آخر لأي منحدر، وعرف كيف ينظر إلى ذلك الموقف التجريبي باعتباره مماثلا للبندول الذي تتحرك كتلته المتذبذبة حركة منتظمة. واستطاع هيجينز بذلك أن يحل مشكلة مركز ذبذبة البندول الطبيعي أو البندول البسيط، إذ تخيل أن الجسم الممتد أو كتلة هذا البندول البسيط بالنظر إلى أبعادها الحقيقية تتألف في الواقع من بندولات مماثلة لبندولات جاليليو، وأن الروابط بين هذه يمكن قطعها في لحظة واحدة عند أي وضع من أوضاع حركة البندول المترجحة. وبعد قطع هذه الروابط فإن البندولات المفردة ذات الحركة المنتظمة سوف تترجح كل منها مستقلة عن الأخرى في حركتها المتوازنة، غير أن مركز جاذبيتها الجمعي أو المشترك، عندما يصل كل منها إلى أقصى بعد له، لن يعلو إلا إلى ذات السمت الذي بدأ عنده سقوط مركز جاذبية البندول الحقيقي، تماما مثلما فعل مركز جاذبية بندول جاليليو. واستطاع دانييل برنوللي أن

يكتشف أخيرا كيف يجعل تدفق الماء من فوهة شبيها ببندول هيجينز. فقد حدد انحدار مركز جاذبية الماء في الخزان، وحدد معدل الدفق خلال فترة زمنية متناهية الصغر. وتخيل بعد ذلك أن كل جزئ من الماء تحرك بعد ذلك على حدة صاعدا إلى أقصى ارتفاع يمكن الوصول إليه بكمية الحركة المكتسبة خلال تلك الفترة الزمنية. وتبين أن صعود مركز جاذبية الجزئيات المفردة لا به أن يكون مساويا لهبوط مركز جاذبية الماء في الخزان ومعدل الدفق. وأمكن على الفور في ضوء هذه النظرة حل المشكلة التي ظلت مستعصية على الحل زمنا طويلا، وهي مشكلة سرعة الدفق [11].

هذا المثال من شأنه أن يبدأ في بيان ما أعنيه حين أقول إن المسائل تعلم الدارسين أن يروا المواقف وكأنها متماثلة، وباعتبارها تطبيقات لنفس القانون أو مجمل القانون العلمي. ويوضح في الوقت ذاته لماذا أتحدث عن معرفة هامة ذات شأن عن الطبيعة يتم اكتسابها من خلال تعلم علاقة التماثل ثم تتجسد بعد ذلك في طريقة لرؤية المواقف الفيزيقية قبل أن تتمثل في قواعد عامة أو قوانين. والمسائل الثلاثة الواردة في المثال، جميعها أمثلة من علماء متخصصين في الميكانيكا في القرن الثامن عشر، واستخدموا قانونا واحدا للطبيعة. ويعرف باسم مبدأ طاقة الحياة أو مبدأ القدرة على الحياة، ويصاغ عادة على النحو التالي: «الهبوط الفعلي يعادل الصعود الممكن». ولعل تطبيق برنوللي للقانون يكشف إلى أي مدى كانت له نتائج هامة. غير أن الصياغة اللفظية للقانون إذا ما تأملناها في ذاتها ستبدو شيئا عقيما. ولنحاول أن نعرضها على دارس معاصر للفيزياء يعرف هذه المصطلحات ويجيد حل هذه المسائل جميعها غير أنه يستخدم الآن وسائل مختلفة. ثم لنتخيل معا بعد ذلك ما الذي يمكن أن تفيده هذه الكلمات على الرغم من وضوح معناها كلمة كلمة، لإنسان لم يعرف شيئا عن المسائل. هاهنا تبدأ القاعدة العامة في أداء دورها فقط بعد أن يكون قد تعلم كيف يتعرف على «الهبوط الفعلي» و «الصعود الممكن» كظاهرتين طبيعيتين.

معنى هذا أنه ينبغي عليه قبل أن يتعلم القانون، أن يتعلم شيئا ما عن الحالات التي تكشف عنها، أولا تكشف عنها، الطبيعة. ومثل هذا التعلم لا يتأتى عن طريق الوسائل اللفظية وحدها. وإنما على العكس يكتسبه المرء حين تتوافر له الكلمات مقترنة بأمثلة واقعية يضعها موضع التطبيق، وتبين

له طريقة الأداء عمليا. فالمرء يتعلم الطبيعة والكلمات معا في آن واحد. وأعود هنا لأقتبس من ميشيل بولاني عبارته الخصبة وأقول أن حصاد هذه العملية «معرفة ضمنية» يكتسبها المرء من خلال ممارسة العلم قبل أن يتعلم قواعد إنجازها.

## 4- المعرفة الضمنية والحدس

الإشارة إلى المعرفة الضمنية أو المضمرة واقترانها برفض القواعد العامة تبرز مشكلة أخرى أثارت ضيق كثيرين ممن انتقدوني، وتشكل فيما يبدو أساسا لاتهامات تتعلق باللاموضوعية واللاعقلانية. لقد ولدت انطباعا لدى بعض القراء بأنني حاولت أن أقيم العلم على أساس من حالات الحدس الفردي التي لا يخضع للتحليل ويكون بديلا عن المنطق والقانون. بيد أن هذا التفسير خاطئ في نقطتين جوهريتين. أولا، إذا كنت قد تحدثت عن الحدس فإنه ليس حدساً فرديا، وإنما الأصح أنه ذلك الرصيد الذي خضع للاختبار وبات مشتركا بين أعضاء جماعة بحث ناجحة، ويكتسبه المبتدئ من خلال التدريب باعتباره جانبا من عملية إعداده لعضوية الجماعة. ثانيا، أنه ليس من حيث المبدأ غير قابل للتحليل. بل على العكس فإنني الآن أجري تجارب على برنامج كومبيوتر جرى تصميمه لدراسة خصائص هذا الحدس على الصعيد الأولى له.

ولن أقول شيئا هنا عن هذا البرنامج [12] غير أن مجرد الإشارة إليه كافية لبيان وتوضيح أهم حجة عندي. فأنا حين أتحدث عن معرفة متجسدة في أمثلة مشتركة، لا أعني بذلك نمطا من المعرفة أدنى منهجية أو أقل قابلية للدراسة التحليلية من المتجسدة في قواعد أو قوانين أو معايير خاصة بالمطابقة. ولكنني أعني من ذلك طريقة أخرى في المعرفة، نشوهها حين نعبر عنها في ضوء قواعد يجري تجريدها بداية من الأمثلة ثم نتخذها بديلا عن هذه الأمثلة وتحل محلها لتعمل عمله. أو بعبارة أخرى فإنني عندما أتحدث عن أن المرء يكتسب من خلال الأمثلة قدرة على التعرف على أن حالة معطاة، تماثل، أو لا تماثل، حالات أخرى غيرها سبق له أن رآها، فإنني بذلك لا أشير إلى عملية يتعذر تماما تفسيرها في ضوء الميكانيزم العصبي المخي. وإنما على العكس أذهب إلى أن التفسير في ذاته لن يجيب

على سؤالنا «مماثل بالنسبة لماذا؟» هذا السؤال بمثابة التماس لقاعدة، وهو في هذه الحالة التماس لمعرفة المعايير التي يتم بناء عليها تجميع حالات متميزة في فئات متماثلة. وأدفع هنا بالحاجة إلى مقاومة أغراء البحث عن معايير (أو على الأقل عن قائمة كاملة من المعايير). إنني هنا لا أعارض النسق بعامة بل أعارض نسقا أو نظاما من نوع خاص.

وحتى أوضح مضمون كلامي أجد لزاما على أن استطرد قليلا. إن ما أذكره فيما يلي يبدو لي واضحا الآن، غير أن استخدامي المتكرر في كتابي الأصلي لعبارات مثل «العالم يتغير» يوحي بأنه لم يكن كذلك دائما. فلو افترضنا أن شخصين يقفان في مكان واحد ويحدقان معا في نفس الاتجاه، فلا بد أن نستنتج، التزاما بما يقضي به مذهب ربما كانت نقطة الأناوية أوضح دلالة، أنهما يتلقيان منبهات تكاد تكون متماثلة (ولو استطاع كل منهما أن يثبت عينيه على نفس المكان فسوف تكون المنبهات متطابقة) ولكن الناس لا يرون منبهات، ومعارفنا عنها هي معارف نظرية وتجريدية إلى حد كبير. وإنما يتلقى الناس بدلا من ذلك احساسات. وليس هناك ما يجبرنا على افتراض أن احساسات صاحبينا هنا اللذين يحدقان بعيونهما هي احساسات واحدة. (ولعل المرتابين يتذكرون أن العمى اللوني لم يلحظه أحد حتى وصفه جون دالتون في عام 1794). بل على العكس، فإن قدرا كبيرا من المعالجات تجري في أعصاب الجهاز العصبي المركزي فيما بين تلقي المنبه وبين الوعي بالإحساس. ومن بين القليل المؤكد الذي نعرفه عنها: أن منبهات شديدة التباين يمكن أن تحدث نفس الاحساسات، وأن المنبه الواحد يمكن أن يولد احساسات شديدة التباين، وأخيرا إن الطريق من المنبهة إلى الإحساس مشروط في جانب منه بالتعلم. إن الأفراد الذين ينشأون في مجتمعات مختلفة يسلكون في بعض المناسبات وكأنهم رأوا أشياء مختلفة. ولو لم نقع تحت إغراء المطابقة بين المنبهات والاحساسات على أساس أن مطابقة واحد إلى واحد، لكان بالإمكان القول أنهما بالفعل يريان أشياء مختلفة.

ولنلاحظ الآن أن جماعتين، تتكون لدى أعضائهما على نحو نسقي احساسات مختلفة عند تلقي ذات المنبهات، إنما يعيشون، بمعنى من المعاني، في عالمين مختلفين. ونحن نفترض وجود المنبهات لتفسير مدركاتنا الحسية

عن العالم، كما نفترض ثباتها أو عدم قابليتها للتغير تجنبا لنزعة الأنانية أو الانحصار الذاتي على المستويين الفردي والاجتماعي. وليس عندي أي تحفظ إزاء أي من الافتراضين. غير أن عالمنا يزخر أولا وأساسا بموضوعات احساساتنا وليس بالمنبهات، وموضوعات الإحساس تلك ليست بالضرورة واحدة من فرد إلى آخر أو جماعة مقابل أخرى. وطبعي أنه بقدر ما يكون الأفراد أبناء جماعة بذاتها ينتمون إليها ويشتركون معا في التعلم واللغة والخبرة والثقافة، هنا يكون لدينا مبرر لافتراض أن احساساتهم واحدة. وإلا كيف لنا أن نفهم بطريقة أخرى تمام التواصل بينهم، ووحدة الطابع الجماعي لاستجاباتهم السلوكية إزاء بيئتهم؟ إنهم لا بد أن يروا الأشياء، وأن يعالجوا المنبهات بطرق متماثلة إلى حد كبير. ولكن ما أن يبدأ التمايز والتخصص للجماعات حتى تنتفي أي بينة مماثلة على ثبات الإحساس وعدم قابليته للتغير. ولكن أخال أن ضيق أفق التفكير هو الذي يجعلنا نظن أن الطريق من المنبهات إلى الإحساس واحد بالنسبة لأبناء كل الجماعات على اختلافها.

تعود الآن إلى الأمثلة والقواعد التي حاولت الإشارة إليها، وإن كانت في صورة تمهيدية. إن أحد التقنيات الأساسية التي يتعلم من خلالها أعضاء جماعة ما، سواء تعلق الأمر بثقافة كاملة أم بجماعة فرعية من الأخصائيين في داخلها، أن يروا ذات الأشياء عندما يواجهون نفس المنبهات تقوم على أساس عرض أمثلة لمواقف وحالات سبق أن تعلم أسلافهم من أبناء الجماعة أن يروها متماثلة وأيضا مغايرة لمواقف أخرى. وقد تكون هذه المواقف المتماثلة تجليات حسية متعاقبة تتعلق بشخص واحد-لنقل مثلا الأم التي يمكن التعرف عليها في النهاية بمجرد الرؤية، وتحديد أنها هي ما هي عليه وأنها غير الأب أو الأخت. وقد تكون تجليات لأفراد من عائلات طبيعية كأن تكون على سبيل المثال صورا حسية لبجع من ناحية والإوز من ناحية أخرى. أو تكون بالنسبة لأعضاء جماعات أكثر تخصصا، أمثلة لموقف أو لتجربة من تجارب نيوتن، أي مواقف متشابهة من حيث أنها تندرج معا تحت الصيغة الرمزية ق = ك X حـ، ومختلفة عن مواقف أخرى تندرج على سبيل المثال تحت مجمل قانون من قوانين البصريات.

ولنسلم معا للحظة أن شيئا من هذا يحدث بالفعل. فهل لنا أن نقول أن

ما تم تحصيله من الأمثلة هو القواعد والقدرة على تطبيقها؟ هذا عرض يغرى الإنسان لأن رؤيتنا لحالة ما على أنها مشابهة لحالات سبق أن واجهتنا لابد وأن تكون حصيلة معالجة الجهاز العصبي الذي تنظمه تماما قوانين فيزيائية وكيميائية. وحسب هذا المعنى فإننا ما أن نتعلم أن نفعل ذلك، حتى تكون عملية التعرف على وجه المماثلة هي بالضرورة عملية نسقية شأنها شأن ضربات القلب. بيد أن هذا التناظر الكامل يوحي بأن عملية التعرف قد تكون أيضا عملية لا إرادية، أي عملية لا سيطرة لنا عليها. وإذا كانت كذلك، فقد لا يكون صحيحا أن نفهمها باعتبارها أمرا ندبره ونتحكم فيه من خلال تطبيق القواعد والمعايير. والحديث عنها بهذه اللغة يفيد ضمنا أن ثمة بدائل يمكننا الاختيار بينها، وأن بإمكاننا على سبيل المثال مخالفة قاعدة ما أو تطبيق معيار تطبيقا خاطئا، أو أن تتوفر لنا رؤية بوسيلة أخرى [13]، والرأي عندي أن هذه كلها من الأمور المستحيلة علينا.

أو أنها، على نحو أكثر دقة، أمور نعجز عن أدائها قبل أن يتولد لدينا إحساس أو أن ندرك حسيا شيئا ما. وهاهنا غالبا ما نلتمس معايير، ونسعى إلى تطبيقها في الحياة الحملية. ثم ننشغل أنفسنا بإعداد تفسير، وهي عملية نقوم بها عن تدبر وروية لكي نختار على هديها بين بدائل مطروحة، وهو ما لا نستطيع أن نفعله في الإدراك الحسي نفسه. وقد يكون فيما رأيناه على سبيل المثال شيء شاذ وغريب (ولنتذكر هنا حالة الشذوذ في ورق اللعب). فها نحن كمثال ننعطف إلى أحد جوانب الطريق فنبصر أمنا تدخل مخزنا لبيع السلع في وسط المدينة في وقت نظن أنها في البيت. وما أن نتأمل ما رأيناه حتى نصيح على حين فجأة «لا، هذه ليست أمنا لأن شعرها أشقر». وندخل مخزن السلع ونرى المرأة للمرة الثانية ونعجز عن فهم السبب الذي جعلنا نظن أنها أمنا. أو ربما يقع بصرنا على ريش ذيل طير من طيور الماء تغوص بمنقارها في أعماق بركة لتلتقط طعاما لها. ونسأل ترى هل هذه بجعة أم إوزة؟ نتأمل ما رأيناه قليلا، ويجرى عقلنا مقارنة بين ريش وذيل البجع وريش وذيل الإوز الذي عرفناه قبل ذلك في حياتنا. أو مرة ثالثة قد نكون من شباب الباحثين وعلماء المستقبل ونرغب فقط في معرفة بعض السمات العامة لأفراد عائلة طبيعية (كبياض البجع مثلا)، مما تعلمنا كيف نميز بينها بسهولة.

هاهنا أيشحا نتأمل ما سبق لنا أن رأيناه وأدركناه باحثين عما هو مشترك بين أفراد هذه العائلة التي نسعى لبيان سماتها.

هذه كلها عمليات تقوم على تفكير وروية، ونحن حين نجريها نلتمس فيها المعايير والقواعد. معنى هذا أننا نلتمس تفسير الاحساسات التي توفرت لدينا، وتحليل ما بات معطى لنا. وأيا كانت وسيلتنا إلى ذلك، فإن العمليات الداخلة فيها لا بد أن تكون في نهاية المطاف عمليات عصبية، وهي لهذا خاضعة لنفس القوانين الفيزيقية الكيميائية التي تنظم الإدراك الحسي من ناحية، وتنظم ضربات القلب من ناحية أخرى. ولكن إذا كان الجهاز يخضع لذات القوانين في جميع الحالات الثلاث إلا أن هذا لا يبرر افتراض أن جهازنا العصبي مبرمج للعمل بطريقة واحدة عند التفسير وعند الإدراك الحسي وفي ضربات القلب. لذا فإن ما عارضته في كتابي هذا هو تلك المحاولة التقليدية، التي يرجع تاريخها إلى ديكارت، وليس قبل ذلك، والتي تنزع إلى تحليل، الإدراك باعتباره عملية تفسيرية، وكأنها ترجمة لا شعورية لا نفعله بعد الإدراك الحسي.

وطبعي أن ما يجعل تكامل الإدراك الحسي أمرا جديراً بأن نجهد أنفسنا لتأكيده هو أن القسط الأكبر من خبرة الماضي مترسب في الجهاز العصبي الذي يحول بعملياته المنبهات إلى احساسات. ولا ريب في أن آلية «ميكانيزم» للإدراك الحسي، أحسنت برجمتها على هذا النحو، جديرة بأن تبقى وتعيش. وإذا قلنا أن أعضاء الجماعات المختلفة يمكن أن تتواصد لديهم مدركات حسية متباينة على الرغم من أن المنبهات التي يستقبلونها واحدة، فإن هذا لا يعنى البتة أن ما ينشأ لديهم هو أي مدركات حسية كيفما اتفق وأيا ما كانت. فالجماعة التي تعجز عن التمييز بين الذئاب وبين الكلاب لا تقوى على البقاء في كثير من البيئات. وكذلك الحال في أيامنا هذه، فإن جماعة من علماء الفيزياء لن يقدر لأعضائها البقاء والاستمرار كعلماء إذا عجزوا عن فهم وإدراك مسارات جسيمات ألفا والإلكترونات. ولكن نظرا لأن سبل الرؤية الفعالة والملائمة محدودة وقليلة العدد جدا فإن ما صمد منها لاختبارات جماعة البحث من خلال استعمالها لها هو وحدة الذي يستحق الانتقال من جيل إلى جيل.، بالمثل، فنظرا لأنه قد وقع عليها الاختيار لما حققته من نجاح عبر العصور، لذا يتعين علينا أن نتحدث عن

الخبرة وعن معرفة الطبيعة الكامنتين في المسار الواصل بين المنبه-والإحساس. فالعملية العصبية التي تحول المنبهات إلى احساسات تنطوي على مضمون تميزه الخصائص التالية: إنه انتقل عبر التعلم، وأثبتت التجربة أنه أكثر كفاءة من بدائل منافسة له تاريخيا في البيئة الراهنة للجماعة، ثم هو أخيرا عرضة للتغير سواء من خلال مزيد من التعلم أو من خلال اكتشاف تفاوت في التطابق بينه وبين البيئة. وتلك هي سمات المعرفة التي توضح سبب استعمالي للكلمة بيد أنه استعمال لا يزال غريبا لافتقاره إلى خاصية أخرى. ذ ليس لدينا اتصال مباشر بما نحن نعرفه، وليست لدينا قواعد ولا قوانين عامة تتيح لنا التعبير عن هذه المعرفة. وأن القواعد التي تهيئ لنا هذه الصلة إنما تشير إلى المنبهات لا الاحساسات، والمنبهات لا نعرفها إلا من خلال نظرية محكمة الصياغة. وفي حالة عدم وجود هذه النظرية تصبح المعرفة الكامنة في المسار الواصل بين المنبه-والإحساس معرفة ضمنية.

على الرغم من أن كل ما ذهبنا إليه هنا هو حديث تمهيدي فقط كما هو واضح، وقد لا يكون صوابا بالضرورة في كل تفصيلاته، إلا أن ما فرغنا منه توا من حديث عن الإحساس يتعين أن نأخذه بمعناه الحرفي. إنه على الأقل فرض علمي بشأن الرؤية البصرية جدير بإخضاعه للبحث التجريبي وإن تعذر التحقق منه بصورة مباشرة. ولكن حديثا كهذا عن الرؤية والإحساس له هنا أيضا وظائف مجازية مثلما كان في متن الكتاب. فنحن لا نرى الإلكترونات رأى العين بل نرى على الأصح مساراتها أو بمعنى آخر فقاعات دخانية في غرفة ويلسون أو غرفة السحاب. ونحن لا نرى رأي العين التيارات الكهربية على الإطلاق، ولكن نرى بالأحرى إبرة جهاز الأميتير أو الجلفانوميتر. ومع هذا فإنني في الصفحات السابقة وبخاصة في الفصل العاشر، عمدت مرارا إلى التصرف وكأننا ندرك بالفعل حسيا كيانات نظرية مثل تيار الكهرباء والإلكترونات والمجالات، وكأننا تعلمنا أن نفعل ذلك عند فحص النماذج المماثلة، وكأن من الخطأ أيضا في هذه الحالات الحديث عن المعايير والتفسير بدلا من الحديث عن الرؤية. وأن الاستعارة المجازية التي تجيز الانتقال من «الرؤية» إلى نطاقات كهذه نادرا ما تشكل أساسا كافيا لدعم مثل هذه المزاعم. ومن ثم سيكون لزاما فيما بعد إلغاؤها

وإبدالها بأسلوب حديث آخر أكثر حرفية.

والجدير بالذكر أن برنامج الكومبيوتر الذي أشرت إليه آنفا بدأ يوحي إلى بطرق ملائمة لتحقيق ذلك، بيد أنه لا المساحة المتاحة لي هنا ولا الفهم المتوفر لي الآن يسمحان لي بإلغاء الاستعارة المجازية المستخدمة هنا [14]. غير أنني سأحاول دعمها بإيجاز شديد. إن رؤيتنا لقطرات ماء أو لإبرة على سطح مقياس مدرج تمثل خبرة إدراكية أولية بالنسبة لرجل لا يعرف شيئا عن غرف السحاب وأجهزة الأميتير. فإنها تحتاج إلى تأمل وتحليل وتفسير (أو ربما إلى تدخل سلطة خارجية) قبل الانتهاء إلى استنتاجات عن الإلكترونات أو التيارات الكهربائية. ولكن وضع الرجل الذي درس هذه الأجهزة ولديه خبرة واسعة عن أمثلة لها، هو وضع مغاير تماما، كما سنجد فوارق مناظرة في أسلوبه في معالجة المنبهات التي يتلقاها منها. إنه حين ينظر إلى البخار المتصاعد مع أنفاسه في صباح يوم من أيام الشتاء البارد، قد يخالجه إحساس مماثل لإحساس الرجل العامي، ولكنه حين يتطلع إلى غرفة السحاب فإنه لا يرى (وهنا يرى بالمعنى الحرفي للكلمة) قطرات ماء بل يرى مسارات الإلكترونات وجسيمات ألفا وما إلى ذلك. وهذه المسارات، إن شئت، هي المعايير التي يفسرها على أنها مؤشرات دالة على وجود الجسيمات المقابلة، ولكن هذا الطريق يتسم بالقصر الشديد والاختلاف معا عن الطريق الذي سلكه الرجل الذي يفسر قطرات الماء.

ولنتأمل أيضا العالم الذي يفحص جهاز الأميتير لتحديد الرقم الذي استقرت عنده الإبرة. قد يكون إحساسه هو نفس إحساس الرجل العادي، خاصة إذا كان هذا الأخير سبق له أن قرأ أنواعا أخرى من أجهزة القياس. بيد أنه رأى العداد (وهنا أيضا تعبير حرفي إلى حد كبير) في إطار الدائرة الكاملة، وهو يعرف شيئا عن بنيتها الداخلية. إن وضع الإبرة بالنسبة له معيار، ولكنه معيار خاص فقط بقيمة التيار. ويكفي لكي يفسرها أن يحدد فقط المدرج الذي تقرأ العداد عليه، أما الرجل العادي فإن وضع الإبرة بالنسبة له ليس معيارا لأي شيء آخر غير نفسه فقط. ولا بد له لكي يفسره أن يفحص مجموع الأسلاك الداخلية والخارجية، ويختبر البطاريات والمغناطيسات، وما إلى ذلك. والملاحظ أن التفسير سواء في الاستعمال المجازي أم في الاستعمال الحرفي لكلمة «رؤية» إنما يبدأ حيث ينتهي

الإدراك الحسي. إن العمليتين ليست عملية واحدة متطابقة، وأن ما يبقي بعد الإدراك الحسي ليكمله التفسير يعتمد إلى أقصى حد على طبيعة وكمية الخبرة والتدريب السابقين.

### 5- الأمثلة-اللاقياسية-الثورات

إن ما فرعنا من عرضه الآن يشكل أساسا لتوضيح جانب آخر من هذا الحب: ملاحظاتي عن اللاقياسية ونتائجها بالنسبة للعلماء عند جدالهم بشأن الخيار بين نظريتين متعاقبتين [15]، لقد أكدت في الفصلين العاشر والثاني عشر أن كل طرف من الطرفين المشتركين في هذا الجدل يرى على وجه القطع واليقين بعض المواقف التجريبية أو مواقف المشاهدة التي يستعين بها كل منهما رؤية مختلفة عن رؤية الطرف الآخر. وحيث أن قاموس مفردات اللغة التي يستخدمها كل فريق في حواره بشأن هذه المواقف يتألف أساسا، على الرغم من هذا الاختلاف، من نفس المصطلحات، إذن لا بد أن كلا منهما يقيم بين هذه المصطلحات وبين الطبيعة علاقة مغايرة، ولا بد أيضا أن يصبح التواصل بينهما جزئيا فقط. ونتيجة لذلك فإن غلبة نظرية على الأخرى تعد شيئا لا سبيل إلى إثباته بالبرهان خلال الحوار. ولهذا أكدت على أن واجب كان طرف هو محاولة جذب الآخر إلى طريقه مستعينا في ذلك بالحث والإقناع. إن الفلاسفة وحدهم هم الذين أساءوا كثيرا فهم فحوى هذا الجانب من حجتي. ولقد أفاد بعضهم، على الرغم من هذا، بأنني أعتقد فيما يلي [16]: أن دعاة النظريات اللاقياسية أي النظريات غير المتجانسة بحيث لا يمكن قياس إحداها على الأخرى، يستحيل عليهم التواصل بعضهم مع بعض. ونتيجة لذلك فإن لا سبيل إلى الاستعانة بالحجج والأسباب المقنعة خلال الحوار من أجل اختيار نظرية ما. ومن ثم يتعين بدلا من ذلك أن يتم اختيار النظرية لأسباب شخصية وذاتية تماما في نهاية المطاف، ويصبح القرار الأخير الذي يتم اتخاذه بالفعل مبنيا على نوع من الإدراك الصوفي. ويبدو أن الفقرات التي بني عليها هذا التفسير الخاطئ، هي المسؤولة أكثر من أي جزء آخر في الكتاب عن الاتهام باللاعقلانية.

ولننظر أولا في ملاحظاتي على البرهان. إن الفكرة التي حاولت إبرازها

هي فكرة بسيطة ومألوفة منذ زمن طويل في فلسفة العلم. فالحوار بشأن اختيار النظرية لا يمكن صبه في صورة تشبه تماما البرهان المنطقي أو الرياضي ففي البرهان المنطقي أو الرياضي تكون المقدمات وقواعد الاستدلال محددة منذ البداية. وإذا حدث خلاف بشأن النتائج، أمكن لأطراف الحوار العودة ومراجعة خطواتهم من جديد الواحدة بعد الأخرى، بغية التحقيق من صدق كل منها في ضوء التجديدات المتواضع عليها مسبقا. ولا بد لأحد الطرفين أن يعترف في ختام هذه العملية بأنه وقع في خطأ ما، وأنه انتهك قاعدة سبق إقرارها. وهنا لا يحق له الرجوع على الطرف الآخر ويسلم مرغما ببرهان خصمه. ولكن إذا حدث أن اكتشف الطرف بدلا من ذلك أنهما مختلفان حول معنى أو تطبيق القواعد المتفق عليها، فها هنا فقط لا يشكل اتفاقهما السابق أساسا كافيا لإقامة البرهان، ومن ثم يستمر الحوار في الصورة التي يكون عليها بالحتم أثناء الثورات العلمية. ويدور هذا الحوار عندئذ بشأن المقدمات، ويستعين بالحث والإقناع كتمهيد لإمكانية إقامة البرهان.

ولا شيء فيما يختص بهذه الأطروحة المألوفة نسبيا يفيد ضمنا عدم وجود أسباب قوية للاقتناع أو أن تلك الأسباب ليست في نهاية المطاف قاطعة بالنسبة للجماعة. بل ولا تفيد حتى ضمنا بأن أسباب الاختيار مختلفة عن تلك الأسباب التي يرددها عادة فلاسفة العلم: الدقة والبساطة والخصوبة وما شابه ذلك. ولكنها تفيد بأن هذه الأسباب تعمل عمل القيم، ومن ثم يمكن لأولئك الذين تواضعوا عليها أن يطبقوها بصورة مختلفة على المستويين الفردي والجماعي. وإذا اختلف عالمان على سبيل المثال بشأن الخصوبة النسبية لنظريتيهما، أو إذا اتفقا على هذا واختلفا بشأن الأهمية النسبية لخصوبة النظريتين، كما اختلفا، كمثال أيضا، بشأن المدى الذي ينتهي عنده الاختيار، فإن أيا منهما لا يتهم بالوقوع في الخطأ. كما لا يمكن القول أيضا أن أيا منهما قد خرج على حدود العلم. فليس ثمة حساب محايد يجرى على هدية اختيار النظرية، ولا يوجد إجراء منهجي لاتخاذ القرار بحيث إذا ما طبق تطبيقا صحيحا يقود بالضرورة كل فرد من أفراد الجماعة إلى قرار واحد. وحسب هذا المعنى تصبح جماعة الباحثين الأخصائيين وليس أعضاؤها كأفراد، هي التي تتخذ القرار الفعال. وحتى

نفهم لماذا يتطور العلم على النحو الذي هو عليه، ليس من الضروري الكشف عن تفاصيل السيرة الذاتية والشخصية اللتين وراء كل فرد ويقودانه إلى اختيار بذاته وإن كان هذا موضوعا له سحره وجاذبيته الشديدتان. ولكن ما يتعين على المرء أن يفهمه هو الطريقة التي تتفاعل بها مجموعة محددة من القيم المشتركة مع خبرات محددة يشرك فيها أعضاء جماعة من الباحثين على نحو يجعل غالبية أعضاء الجماعة يهتدون في النهاية إلى مجموعة من الحجج يرونها أكثر حسما دون غيرها.

هذه العملية هي الحث يما سبيل الإقناع، وإن كنت تطرح مشكلة أعمق. فالباحثان اللذان يدركان موقفا واحدا إدراكا مختلفا ولكنهما مع هذا يستخدمان ذات المفردات اللغوية في حوارهما لا بد أنهما يستخدمان الكلمات استخداما متباينا. إنهما يتحادثان انطلاقا مما سميته وجهتي نظر لا قياسيتين حيث لا سبيل لأن نقيس إحداهما على الأخرى. إذن كيف لهما أن يأملا في التفاهم معا، ناهيك عن أن يكون الحديث مقنعا؟ إن الإجابة على هذا السؤال، حتى وإن كانت إجابة تمهيدية، تقتضي مزيدا من تحديد طبيعة المشكلة. وأعتقد أنها تأخذ، ولو جزئيا، الصورة التالية.

تعتمد ممارسه العلم القياسي على القدرة المكتسبة من الأمثلة النموذجية لتصنيف الموضوعات والحالات في فئات متماثلة حيث يكون التصنيف أوليا بمعني أنه يتم دون إجابة على السؤال التالي: «مماثلة لماذا؟» إن أحد الجوانب الرئيسية لأي ثورة هي تغير علاقات التماثل. فالموضوعات التي سبق تصنيفها في ذات الفئة يجرى تصنيفها ضمن فئات مغايرة بعد ذلك، والعكس بالعكس. ولنتأمل معا تصنيف الشمس والقمر والمشترى والأرض قبل كوبرنيكوس وبعده، ولنتأمل كذلك السقوط الحر وحركة البندول وحركات الكواكب قبل جاليليو وبعده أو لنتأمل موضوع الأملاح والأخلاط المعدنية وخليط برادة الحديد والكبريت قبل دالتون وبعده. ونظرا لأن غالبية الموضوعات، حتى الموجود منها داخل الفئات التي تغيرت، يستمر تصنيفها مع بعضها لذا تحتفظ هذه الفئات بأسمائها عادة. ومع هذا فإن انتقال فئة فردية يمثل عادة جانبا من تغير حاسم في شبكة العلاقات المتداخلة بعضها في بعض. مثال ذلك أن نقل المعادن من فئة المركبات إلى فئة العناصر كان له دور جوهري في ظهور نظرية جديدة عن الاحتراق والحامضية والاتحاد

الفيزيائي والكيميائي. ومن ثم لا غرابة بعد أن تجري عمليات إعادة التوزيع هذه على نحو جديد أن نجد اثنين من العلماء كانا في السابق متفاهمين تماما في حديثهما، كما يبدو من ظاهر الأمور، ثم يكتشفان فجأة إنهما يستجيبان إلى منبه واحد بأوصاف وتعميمات متضاربة. وقد لا تظهر هذه المشكلات واضحة محسوسة في جميع مجالات محادثاتهما العلمية، ولكنها سوف تبرز وتثار وتتبلور بصورة أشد كثافة حول الظواهر التي يتوقف عليها بخاصة اختيار النظرية.

وهذه المشكلات، وإن بدت أول الأمر من خلال الاتصال، إلا أنها ليست مجرد مشكلات لغوية، ولا سبيل إلى حلها فقط عن طريق تحديد تعريفات المصطلحات المختلف عليها. إذ نظرا لأن الكلمات التي هي محور وركيزة المشكلات سبق تعلمها من ناحية عن طريق التطبيق المباشر للأمثلة النموذجية، فإن الطرفين المتحاورين وقد انقطع الاتصال بينهما لا يمكن لأحدهما القول «أني أستخدم كلمة» عنصر (أو «مزيج» أو «كوكب» أو «حركة طليقة») على النحو الذي تحدده المعايير التالية. أي أنهما لا يستطيعان الاستعانة بلغة محايدة يستخدمها كل منهما بنفس الطريقة وتعتبر لغة كافية لبيان كل من النظريتين، أو حتى لعرض النتائج التجريبية لنظرتيهما. والجدير بالذكر أن جانبا من الخلاف سابق على استخدام وسائل التعبير التي تعكس هذا الخلاف على الرغم من ذلك.

ولكن الباحثين اللذين يواجهان هذا الانقطاع في الاتصال الفكري لا بد أن يجدا ما يستعينان به. فالمنبهات التي تؤثر عليهما واحدة. وكذلك الحال بالنسبة لجهازيهما العصبيين بعامة، وإن اختلفت برمجة كل منهما. زد على ذلك، أن البرمجة العصبية لجهازيهما العصبيين لابد أن تكون شديدة التقارب، إلا فيما يختص بمساحة ضئيلة من الخبرة، وإن كانت هامة للغاية، إذ يجمعهما تاريخ مشترك باستثناء الفترة الماضية القريبة جدا. ونتيجة لذلك فإنهما في حياتهما اليومية وفي القطاع الأكبر من حياتيهما العلمية يعيشان في عالم واحد ويستخدمان لغة واحدة. ونظرا لأنهما يشتركان معا في هذا القدر الكبير فسوف يستطيعان بالضرورة اكتشاف أسباب اختلافهما. بيد أن الوسائل التقنية اللازمة لذلك ليست بالوسائل المباشرة البسيطة ولا المستساغة، كما وأنها ليست من عناصر ترسانة العلماء المألوفة.

إذ نادرا ما يعترف بها العلماء كما هي، ونادرا ما يستخدمونها لفترة أطول من اللازم لإثارة الحوار أو للاقتناع باستحالته.

الأمر بإيجاز، أن ما يمكن أن يفعله متحاوران انقطع إلى الاتصال بينهما هو الاعتراف بأن كلا منهما عضو في جماعة لغتها مختلفة عن لغة الجماعة الأخرى، ومن ثم يتحولان إلى مترجمين [17]. وإذا أخذ المتحاوران كموضوع للدراسة الفوارق الماثلة في لغة الخطاب بين جماعتيهما وداخل جماعتيهما فإن بوسعهما بداية محاولة اكتشاف المصطلحات والتعبيرات التي يجري استعمالهما داخل كل جماعة دون أن تكون مثار إشكاليات، ولكنها مع ذلك تمثل محور المشكلات في الخطاب المتبادل بين الجماعتين. (والتعبيرات التي لا تمثل مشكلة في هذا الصدد يمكن ترجمتها على أساس تماثل المنطوق الصوفي) وبعد أن يتم لهما عزل المناطق الإشكالية في لغة الاتصال العلمي بينهما يمكنهما الاستعانة بمفردات لغة الحياة اليومية المشتركة بينهما في محاولة جديدة لتوضيح مشكلاتهما. إذ يمكن لكل منهما أن يحاول اكتشاف ما قد يراه ويقوله الآخر عندما يعرض له منبه تختلط إزاءه استجابته هو اللفظية. وإذا ما أمسكا عن تفسير ظاهرة سلوكية شاذة باعتبارها نتيجة غلطة أو جنون فإن هذا يعني أنهما، إن آجلا أم عاجلا، سيصبحان معا في أحسن الحالات التي يمكن فيها لكل منهما أن يتنبأ بسلوك الآخر. وسيكون قد تعلم كل منهما أن يترجم نظرية الآخر ونتائجها إلى لغته هو، وأن يصف في ذات الوقت بلغته العالم الذي تصدق عليه هذه النظرية هذا هو ما يفعله عادة (أو ما ينبغي أن يفعله) مؤرخ العلم عند معالجته لنظريات علمية فات أوانها.

ونظراً لأن الترجمة، إذا ما أضحت ديناً ونهجاً، تتيح لأطراف الحوار، وقد انقطع الاتصال بينهما، أن يدرك كل منهما بالنيابة شيئا عن مناقب ومثالب وجهة نظر الطرف الآخر، إذن فهي أداة مثمرة وفعالة في كل من الإقناع والحوار على السوء. وليس بالضرورة أن يبلغ الإقناع غايته، وإذا حدث ونجح فليس بالضرورة أن يقترن بالتحول إلى المعتقد الآخر. فالخبرتان ليستا متطابقتين، وهذا تمايز له شأن هام لم أتبينه على نحو كامل إلا مؤخرا فقط.

وعندي إن حث شخص ما على التخلي عن وجهة نظره يعني اقتناعه

بأن وجهة النظر الأخرى التي أدعوه إليها أسمى وأقوى، ومن ثم حري بها أن تحل محل عقيدته. وكثيرا ما يتحقق هذا دون الاستعانة بأي شيء آخر مثل الترجمة. وفي حالة افتقادها نجد الكثير من التفسيرات وصياغة المشكلات التي يؤيدها أبناء جماعة علمية بذاتها غائمة ومبهمة في عيني الطرف الآخر. غير أن كل جماعة صاحبة لغة متميزة تستطيع عادة أن تقدم منذ البداية قليلا من النتائج الواقعية المحددة للبحوث. وإذا كانت هذه النتائج من الممكن عرضها في جمل مفهومة بنفس الطريقة لدى الجماعتين إلا أنه يتعذر على الجماعة الأخرى تفسيرها بلغتها هي الخاصة. وإذا قدر لوجهة النظر الجديدة أن تستمر لفترة من الزمن وتظل خصبة مثمرة خلال ذلك، فإن نتائج البحوث التي يمكن التعبير عنها بهذه اللغة سوف تنمو على الأرجح وتزداد عددا. ومثل هذه النتائج كفيلة وحدها بأن تكون حاسمة بالنسبة لبعض الباحثين. إذ يمكن لهم أن يقولوا: لست أدري كيف ينجح دعاة النظرة الجديدة، ولكن عليّ أن أتعلم. وأيا كان ما يفعلونه إلا أنه واضح الصواب. ولكن رد فعل كهذا يأتي سهلا لي بوجه خاص من جانب باحثين حديثي العهد بالمهنة، إذ لم تترسخ فيهم بعد الالتزامات والمفردات اللغوية الخاصة بأي من الفريقين.

بيد أن الحجج التي يسهل عرضها والتعبير عنها باللغة التي تستخدمها كلا الجماعتين بطريقة واحدة ليست عادة حججا حاسمة. أو أنها تكون كذلك على أقل تقدير حتى مرحلة متأخر جدا من تطور وجهات النظر المتعارضة. وجدير بالذكر أن قليلين من بين أولئك الذين دخلوا رحاب المهنة العلمية هم الذين يمكن إقناعهم دون اللجوء إلى مقارنات مستفيضة تيسرها الترجمة. وعلى الرغم من أن الثمن هنا غالبا ما يكون جملا طويلة جدا ومعقدة للغاية (ولنتذكر هنا الحوار بين بروست وبرتوليت الذي دار بينهما دون استخدام مصطلح عنصر) إلا أن الكثير من النتائج الجديدة للبحوث يمكن ترجمتها من لغة جماعة بحث إلى لغة جماعة أخرى. ومع اطراد عملية الترجمة أكثر فأكثر يبدأ أيضا بعض أعضاء كل الجماعتين، وقد وضع كل نفسه محل الآخر، في فهم كيف أن عبارة ما بدت حتى عهد قريب غامضة مبهمة وإذا بها في صورة التفسير والتوضيح لأعضاء الفريق المعارض. وطبيعي أن توفر تقنيات من هذا النوع لا يكفل الإقناع. فالترجمة

في نظر أكثر الناس عملية محفوفة بالمخاطر، وغريبة تماما على العلم القياسي. والحجج المقابلة دائما وفي جميع الأحوال ميسورة، ولا توجد قواعد تحدد كيف يحسم الميزان لأحد الطرفين. ولكن مع الحجج وتراكمها الواحدة إثر الأخرى، ومع النجاح في مجابهة التحدي وراء الآخر، هنا فقط وبعد أن بلغ الشوط مداه يصبح استمرار المقاومة عنادا أعمى.

في هذه الحال يبرز مجال آخر للترجمة مألوف منذ زمن طويل لدى كل من المؤرخين وعلماء اللغة، ويصبح هاماً بصورة حاسمة. إن ترجمة نظرية ما أو رؤية للعالم إلى لغة جماعة لا يعني أنها أضحت بذلك نظريتها هي أو رؤيتها هي إلى العالم. إذ لكي تكون كذلك يتعين استخدام اللغة وكأنها اللغة الأم أي وكأنها لغة المرء القومية، ويتكشف ما كان يفكر فيه أو يعمله ذلك المرء بتلك اللغة التي كانت قبل حين لغة أجنبية غريبة عليه دون أن يقتصر الأمر على مجرد استخراج ذلك فحسب عن طريق الترجمة. بيد أن هذه النقلة ليست بالشيء الذي يمكن للمرء أن يقدم عليه أو أن يحجم عن أدائه بناء على روية وتدبر واختيار مهما كانت أسبابه التي تحدو به إلى ذلك أسبابا قوية ومقنعة. ولكن على العكس فعند نقطة على مسار عملية فهم الترجمة، يتبين أن النقلة قد حدثت، وأنه انزلق إلى استخدام اللغة الجديدة دون اتخاذ قرار واع بذلك. أو أن يحدث شيء آخر مثلما حدث مع كثيرين ممن جابهوا لأول مرة على سبيل المثال النظرية النسبية أو ميكانيكا الكم وهم لا يزالون في منتصف الطريق، إذ يجد الباحث نفسه مقتنعا تماما بالنظرة الجديدة ولكنه عاجز، على الرغم من ذلك، عن هضمها لتصبح جزءا من ذاته ويألف العالم على الصورة التي حددتها هذه النظرة له. إن هذا الرجل قد حدد اختياره على المستوى الفكري، غير أن التحول اللازم يفلت منه أو يراوغه في الواقع العملي. إنه قادر على استعمال النظرية الجديدة على الرغم من ذلك، ولكنه يفعل ذلك كغريب في بيئة غريبة عليه، وهي مجرد إمكانية ميسورة له فحسب نظرا لأن أهل هذه البيئة موجودون هناك، ومن ثم يصبح عمله طفيليا أو عالة على عملهم، إذ يعوزه جماع العادات الذهنية التي سوف يكتسبها أعضاء جماعة البحث الجدد من خلال التعلم.

لهذا كله فإن خبرة تحول الاعتقاد التي شبهتها بتحول زاوية الرؤية في

نظرية الصيغة الكلية أو الجشطلت تحتل مكان القلب في العملية الثورية. وأن الأسباب القوية التي تبرر الاختيار تشكل الدافع إلى التحول، كما تمثل المناخ الذي يرجح حدوثه. علاوة على هذا فإن الترجمة قد تهيئ المنافذ لإعادة البرمجة العصبية التي تشكل، مهما بدت غامضة الآن، أساسا لهذا التحول. ولكن ليست الأسباب القوية المقنعة، ولا الترجمة تؤلف عملية التحول. وهذه هي العملية التي يتعين توضيحها حتى نفهم أسلوبا أساسيا في التحول العلمي.

## 6- الثورات والنزعة النسبية

إحدى نتائج الموقف الذي فرغت توا من تحديد معالمه أنه أثار ضيقا شديدا لدى عدد ممن انتقدوني [18] إذ رأوا أن وجهة نظري نسبية، خاصة في صورتها المعروضة في الفصل الأخير من كتابي. ولعل ملاحظاتي بشأن الترجمة تلقي ضوءا على أسباب هذا الاتهام. إن دعاة النظريات المختلفة مثلهم كمثل أعضاء الجماعات ذات الثقافات اللغوية المتباينة. وأن التسليم بهذا التناظر يوحي بأن كلا من الجماعتين يمكن أن يكون بمعنى من المعاني على صواب، وهذا الموقف إذا ما طبقناه على الثقافة وتطورها يكون موقفا ملتزما بنزعة نسبية.

ولكن إذا طبقناه على العلم فقد لا يكون كذلك، وهو في جميع الأحوال أبعدما يكون عن النزعة النسبية في صورتها الساذجة المجردة من زاوية أخفق النقاد في تبيانها. لقد أكدت أن الباحثين الممارسين للعلوم المتطورة إذا ما نظرنا إليهم كجماعة أو كجماعات هم في الأساس حلالو ألغاز. وعلى الرغم من أن القيم التي يستعينون بها في أوقات اختيار النظرية مستمدة من جوانب أخرى لعملهم ومتأثرة بها إلا أن القدرة الواضحة لهذه النظرية على تحديد وحل الألغاز التي تطرحها عليهم الطبيعة تكون في حالة الصراع القيمي هي المعيار الغالب في نظر أكثرية أعضاء جماعة البحث العلمي. وتؤكد التجربة أن القدرة على حل الألغاز، شأنها شأن أي قيمة أخرى، تبدو غامضة متلبسة عند التطبيق العملي، فأي باحثين يشتركان معا فيها قد يختلفان على الرغم من ذلك في أحكامهما التي يستمدانها منها في الاستخدام العملي. بيد أن سلوك إحدى جماعات البحث الذي

يهيئ لها التفوق سوف يختلف اختلافا بينا عن سلوك جماعة بحث أخرى ليس لها هذا التفوق. وأعتقد أن القيمة الكبرى التي أوليها للقدرة على حل الألغاز في العلم تحقق النتائج التالية.

لنتخيل شجرة تمثل سلسلة تطور ونمو التخصصات العلمية الحديثة ابتداء من أصولها المشتركة، ولتكن الفلسفة الطبيعية التأملية البدائية والحرف. ولنتخيل أيضا أننا رسمنا خطا صاعدا من أسفل الشجرة إلى أعلاها دون أن يرتد ثانية، بادئا من الجذع إلى الطرف الأعلى لأحد الفروع، فإنه سوف يصل بين النظريات المتعاقبة التي تتابعت الواحدة تلو الأخرى. ولنتأمل أي نظريتين من هذه النظريات نختارها من موضعين غير قريبين جدا من منبتيهما، سنجد أن من اليسير علينا وضع قائمة بالمعايير التي تمكن أي مشاهد محايد من أن يميز النظرية الأقدم عن النظرية الأحدث حسب التتابع الزمني. وسوف يتبين لنا أن من أكثر الأمور فائدة هنا: دقة التنبؤ، خاصة التنبؤ الكمي، و التوازن بين الموضوعات المتخصصة وموضوعات الحياة اليومية العادية، وعدد المشكلات المختلفة التي تم حلها. وسوف نجد من القيم: البساطة وسعة الفهم والتجانس مع التخصصات الأخرى، وهي وإن كانت أقل فائدة لما نحن بصدده إلا أنها محددات هامة للحياة العلمية. ولا ريب عندي في أن هذه القوائم ليست هي كل ما هو مطلوب وإنما يمكن استكمالها؟ وإذا أمكن ذلك فإن التقدم العلمي يصبح مثله مثل التقدم البيولوجي عملية أحادية الاتجاه لا يمكن عكسها. فالنظريات العلمية المتأخرة تكون أفضل من النظريات القديمة من حيث حل الألغاز في غالبية البيئات المختلفة التي يجري تطبيقها فيها. ومثل هذا الرأي لا يرتكز على نزعة نسبية، كما أنه يحدد بأي معنى أو من إيماننا راسخا بالتقدم العلمي.

وإذا قارنا هذا الاتجاه بمفهوم التقدم الشائع بين فلاسفة العلم وبين العامة، سنجد أنه يفتقر إلى عنصر جوهري. فهناك عادة شعور بأن أي نظرية علمية تكون أفضل من سابقتها لا من حيث أنها أداة أفضل للاكتشاف وحل الألغاز، بل وأيضا لأنها بشكل ما تعبير أفضل عن حقيقة الطبيعة في واقعها. وكثيرا ما يسمع المرء أن النظريات المتعاقبة تتقارب أكثر فأكثر من الحقيقة أو أنها تعطى أحكاما تقريبية بتزايد صدقها ودقتها باطراد لتطابق

الحقيقة. وواضح أن تعميمات كهذه لا علاقة لها بمسألة حل الألغاز ولا التنبؤات المحددة المستمدة من إحدى النظريات، بل تنصب على مبحث وجودها «الأنطولوجيا» أي المطابقة بين الكيانات التي تملأ بها النظرية الطبيعية وبين ما هو «هناك واقعيا».

وربما يكون هناك سبيل أخرى لإنقاذ مفهوم «الحقيقة» لتطبيقه على نظريات كاملة، غير أن هذه الطريقة غير ملائمة. ويبدو لي أنه لا توجد أي إمكانية مستقلة عن النظرية نصوغ على أساسها من جديد عبارات مثل «هذا ما هو موجود حقيقة»، كما يبدو لي الآن أن مفهوم التطابق بين أنطولوجيا نظرية ما وبين مقابلها «الواقعي» في الطبيعة هو وهم في أساسه. بيد أنني كمؤرخ أجدني متأثر بها تتسم به هذه النظرة من عدم قابلية للتصديق. ولا ريب عندي، على سبيل المثال، في أن ميكانيكا نيوتن أفضل من ميكانيكا أرسطو، وميكانيكا آينشتين أفضل من ميكانيكا نيوتن كأدوات لحل الألغاز. بيد أنني لا أستطيع أن أتبين في تعاقبها اتجاها منسقا للتطور الأنطولوجي بل على العكس يبدو لي أن النظرية العامة للنسبية عند آينشتين هي أقرب من نواح هامة، وليس في جميعها على الإطلاق، من نظرية أرسطو على عكس أي منهما في علاقتها بنظرية نيوتن. إنني أفهم الأسباب الداعية إلى وصف هذا الموقف بأنه مبنى على نزعة نسبية، إلا أنني أعتقد أنه وصف خاطئ. وعلى العكس فإذا كان هذا الموقف نابعا عن نظرة نسبية فأنني لا أرى أي شيء يفتقر إليه صاحب النزعة النسبية لكي يفسر طبيعة العلوم وتطورها.

## طبيعة العلم:

أختتم حديثي هنا بدراسة موجزة عن استجابتين تواترتا بشأن كتابي الأصلي، الاستجابة الأولى تنتقدني، والثانية تؤيدني، وكلتاهما، فيما أعتقد، ليستا صوابا تماما. وعلى الرغم من أن الاثنتين لا علاقة لهما بما قلته حتى الآن. ولا علاقة لهما ببعضهما بعضا، إلا أنهما معا تواترتا على نحو كاف يوجب على الأقل الرد.

إن عددا قليلا ممن طالعوا كتابي الأصلي أشاروا إلى أنني كثيرا ما أتنقل بين الأسلوب الوصفي وبين الأسلوب المعياري في الحديث، فالتزم

هذا حينا ثم أعود إلى ذاك حينا آخر وهكذا مرات عديدة. ونجد هذا التنقل واضحا تماما في فقرات بذاتها تبدأ عادة بعبارة «بيد أن هذا ليس هو ديدن العلماء» واختتمها قائلا إن العلماء حري بهم ألا يفعلوا ذلك. ويزعم بعض النقاد أنني أخلط بين الوصف وبين التوصية أو التوجيه وبذا انتهك مبدأ فلسفيا مشهودا به على مر الزمن يقول: «يكون» لا تعنى أبدا «ينبغي» [19].

لقد تحول هذا المبدأ في التطبيق العملي إلى قول مبتذل، ولم يعد يحظى بمكانته التاريخية في أي مكان الآن. وكشف عدد من الفلاسفة المعاصرين عن سياقات ذات شأن كبير يمتزج فيها المعياري مع الوصفي امتزاجا لا انفصام له [20]. أن كلمتي «يكون» و «ينبغي» ليستا بأي حال من الأحوال منفصلتين دائما وأبدا عن بعضهما على نحو ما بدا لبعض الناس. غير أننا لسنا بحاجة إلى الاستعانة بدقائق الفلسفة اللغوية المعاصرة بغية بيان وتوضيح ما ظنه البعض خلطا فيما ذهبت إليه. إن الصفحات السابقة تعرض وجهة نظر أو نظرية عن طبيعة العلم. وطبعي أن النظرية، شأنها شأن فلسفات العلم الأخرى، لها نتائج فيما يختص بالأسلوب الذي ينبغي على العلماء أن ينحوه إذا ما شاؤوا لمشروعهم النجاح. وإذا لم تكن بالضرورة صوابا تماما، على نحو تفضل به أي نظرية أخرى، إلا أنها تشكل أساسا منطقيا لكلمات لا تفتأ تتكرر للدلالة على «ما يجب» و «ما ينبغي». وبالمقابل نجد أن من بين الأسباب التي تبرر أخذ النظرية مأخذا جادا أن العلماء، وقد جرى تطوير وانتقاء مناهجهم وصولا إلى النجاح، إنما سيكون في واقع الأمر وكأن النظرية توصيهم بما ينبغي. وإن المبادئ العامة الوصفية التي سقتها إنما هي برهان لصالح النظرية ذلك لأن بالإمكان تحديدا أن نستخصلها منها، بينما نجد الآراء الأخرى عن طبيعة العلم تؤلف مظاهر سلوكية شاذة.

وأعتقد أن الدوران الذي تتصف به هذه الحجة ليس دورانا خبيثا. فالنتائج المترتبة على وجهة النظر التي ناقشناها لم تستنفذها المشاهدات التي بنيت عليها في البداية. بل لقد أتيح لي، وقبل صدور هذا الكتاب لأول مرة، أن أتحقق من أن بعض عناصر النظرية تمثل أداة نافعة لاكتشاف السلوك والتطور العلميين. وأن مقارنة هذه الحاشية بصفحات النسخة

الأصلية الأولى من الكتاب قد تفيد بأنها لا تزال فعالة تؤدي دورها ولا ريب في أن وجهة النظر الدورانية فقط بكل معنى الكلمة لا يمكن أن تكون وجهة نظر هادية على هذا النحو.

وردي على الاستجابة الثانية على هذا الكتاب سيكون بالضرورة من نوع آخر. فإن عددا ممن سرهم كتابي إنما أحسوا بذلك لأنهم رأوا أن بالإمكان تطبيق أطروحاته الأساسية على كثير من مجالات البحث الأخرى وليس لأنها تلقي ضوءا يوضح تطور العلم. وأنا أفهم بغيتهم، ولا أحب أن أثبط محاولاتهم الرامية إلى توسيع نطاق تطبيق فكرتي، غير أن استجابتهم على الرغم من ذلك حيرتني. إن الكتاب يصور التطور العلمى في صورة مراحل متعاقبة مبنية على التقليد وموسومة بفواصل غير تراكمية، وأطروحاته في حدود هذه النطاق قابلة ولا ريب للتطبيق على مدى واسع. ويجب أن نستخدمها على هذا النحو نظرا لأنها مستمدة من مجالات بحث عديدة أخرى. وهاهم مؤرخو الأدب والموسيقي والفنون والتطور السياسي وكثير من الأنشطة الإنسانية الأخرى قد ساروا على نفس النسق منذ زمان طويل في عرض تاريخ موضوعاتهم.

ولقد كانت إحدى أدوات بحثهم المعيارية تقسيم التاريخ إلى مراحل تفصل بينها فوارق ثورية من حيث الأسلوب والذوق والبنية المؤسسية. وإذا كان لي حظ من الأصالة في استخدام مثال هذه المفاهيم فهو في أنني عمدت أساسا إلى تطبيقها على مجال العلوم الطبيعية، وهي مجالات كان الشائع من قبل أنها تتطور على نحو مغاير. ولعل مفهوم النموذج الإرشادي كإنجاز محدد، أو كمثال نموذجي إنما يعد إسهاما في المرتبة الثانية. وأخال على سبيل المثال أن بعض المشكلات الذائعة المتعلقة بمفهوم الأسلوب في الفنون يمكن أن تتوارى وتختفي إذا ما تسنى لنا أن ننظر إلى فنون الرسم وقد صيغت على غرار بعضها بعضا وليست نتاجا صيغ اتساقا مع بعض القواعد والمعايير التجريدية التي تنظم الأسلوب [21].

غير أن هذا الكتاب استهدف أيضا إبراز فكرة من نوع آخر كانت أقل وضوحا لدى كثيرين من قرائه. إذ على الرغم من أن التطور في المجال العلمي قد يكون أكثر شعبها، مما كان يظن عادة، تطور في مجالات أخرى إلا أنه أيضا مغاير لها بصورة لافتة للنظر. فليس من الخطأ الكبير، على

سبيل المثال، أن نقول أن العلوم بعد مرحلة معينة من تطورها على الأقل تتقدم على نحو غير مطابق لتقدم المجالات الأخرى أيا كان المقصود بالتقدم ذاته. ولقد كان أحد الأهداف التي يرمى إليها الكتاب هي دراسة وتحديد هذه الفوارق، والشروع في تفسيرها.

ولنتأمل على سبيل المثال ذلك الجانب الذي عمدت إلى تأكيده مرارا في الصفحات السابقة بشأن غياب، أو كما أوثر أن أقول الآن، بشأن الندرة النسبية للمدارس المتنافسة في العلوم المتقدمة. ولنتذكر معا ملاحظاتي عن أن أعضاء أي جماعة علمية محددة يؤلفون معا، إلى حد كبير كل الحضور وكل الحكام المتابعين للنشاط العلمي لهذه الجماعة. أو لنتدبر أيضا الطبيعة الخاصة المميزة للتربية العلمية، وحل الألغاز كهدف منشود، ونسق القيم الذي تستعين به جماعة البحث العلمي في فترات الأزمة واتخاذ القرار. ويبرز الكتاب قسمات أخرى من نفس النوع، ليست قاصرة على العلم وحده بالضرورة ولكنها في جملتها تمايز هذا النشاط عن سواه.

وهناك الكثير جدا من هذه الخصائص المميزة للعلم وهي بحاجة إلى أن نتوفر إلى دراستها. وحيث أننا استهللنا هذه الحاشية بالتأكيد على الحاجة إلى دراسة بنية المجتمعات العلمية، فسوف أختمها بالتأكيد على حاجتنا إلى دراسة مماثلة، وأن تكون دراسة مقارنة بوجه خاص، لجماعات البحث المناظرة في مجالات العلوم الأخرى. إذ كيف يختار الباحث جماعة ما؟ وكيف يتم اختياره لعضوية هذه الجماعة بذاتها سواء أكانت جماعة بحث علمي أم غير ذلك؟ وما هي عملية ومراحل التنشئة الاجتماعية للملاءمة مع هذه الجماعة؟ وما هي الأهداف التي تراها الجماعة ككل أهدافا لها؟ وما هي درجة الانحرافات، الفردية والجمعية التي تسمح بها؟ وكيف تراقب الشذوذ أو الانحراف غير المسموح به؟ إن فهم العلم على نحو أفضل وأكمل رهن بالإجابة أيضا على أنواع أخرى من الأسئلة، ولا أظن أن هناك مجالا غير هذا في أما الحاجة إلى بذل المزيد من الجهد. إن المعرفة العلمية مثلها كمثل اللغة، خاصية أصيلة مشتركة بين أعضاء الجماعة، وبدون ذلك لن تكون شيئا على الإطلاق. ولكي نفهمها سيكون لزاما علينا أن نعرف الخصائص المميزة للجماعات العلمية التي تبتدعها وتفيد منها في التطبيق العملي.

# ثبت بأسماء الأعلام

## التصدير

1- بياجيه، جان (1896-1980) Piaget; Jean

عالم نفسي وفيلسوف وعالم منطق. ولد في سويسرا. أفاد بمعطيات تجريبية وفيرة وخصبة لوضع نظريته في الثلاثينات والأربعينات عن تكون الذهن، وهي النظرية التي تفسر الذهن باعتباره نسقا من العمليات أي الأفعال الباطنية للذات، والمستمدة من التأثيرات الخارجية للموضوع بحيث تصوغ وحدة بنائية معينة. واستخدم بياجيه المنطق الرياضي كجهاز منطقي لوصف عمليات العقل. ويرجع إلى بياجيه الفضل في تطوير علم النفس التجريبي: إذ أنه في عدد من مؤلفاته حلل الميكانيزمات التي تكون الوظائف النفسية الأساسية خاصة تلك الوظائف التي تشكل المفاهيم والمبادئ الأساسية للفكر البشرى. وعرض بياجيه أفكاره النفسية والمنطقية في مذهبه «نظرية المعرفة النشوئية التكوينيةGenetic Epis temology» ومذهبه هذا هو تصور معرفي نظري قائم على أساس نهج نقدي تاريخي في تحليل المعرفة. ويرى بياجيه أن نمو معرفة الذات عن موضوع ما يجعلها أكثر فأكثر ثباتا وأكثر فأكثر تجانسا واستقرارا في الظروف المتغيرة للخبرة. ويرى أن هذا الثبات للمعرفة انعكاس للموضوع ذاته ولخصائصه وللنشاط المعرفي للإنسان. وصاغ بياجيه في السنوات الأخيرة من حياته العلمية مشكلات عن نظرية المعرفة النشوئية التكوينية في ضوء المشكلات الحيوية للمنطق وعلم النفس والبيولوجيا واللغة والسيبرناطيقا «علم التحكم الآلي». ويتبع بياجيه نهجا بنيويا في نظرته إلى المعرفة وهو ذات النهج الذي أفاد به توماس كون مؤلف الكتاب الذي بين يدي القارئ والتزم فيه بالنتائج التي توصل إليها بياجيه في أبحاثه.

## الفصل الأول

1- أرسطو Aristotle

فيلسوف يوناني ولد في خالقيديا باليونان القديمة عام 384 ق. م وتوفى عام 322 ق. م. أعظم علماء العصر القديم. تمثل أعماله استقصاء موسوعيا وتصنيفا شاملا لمعارف عصره. لقبه فلاسفة العرب بالمعلم الأول إذ كان كما صاحب مدرسة عرفت باسم «اللوقيون» وتسمى أيضا «مدرسة المشائين»، وهو أيضا معلم الإسكندر الأكبر المقدوني. عنى بتلقين تلامذته عناصر المعرفة ومنهج المعرفة في العلوم الآداب والفنون والفلسفة. وهو مؤسس المنطق القياسي وأصبح علما على يديه. ويرجع إليه الفضل في أنه أول من أرسى القواعد الفلسفية للعلوم. وفى مذهبه، كما كان سائدا قديما، الفلسفة والعلم مبحث معرفي واحد. وحدد مصطلحات المعارف العلمية التي ظلت سائدة على مدى ثمانية عشر قرنا تقريبا.

درس أرسطو على يد فيلسوف الإغريق المثالي أفلاطون. ويعتبر أرسطو في مجال الرياضيات أول من لفت الأنظار إلى التمايز بين البديهية وبين المسلمة، وبذلك مهد السبيل أمام إقليدس وإرشميدس. وتناول مسألة اللانهاية والاتصال. وفى مجال الميكانيكا صاغ أرسطو قانون الرافعة

وفهم متوازي السرعان Parallelogram Of Velocities وأوضح أن سعة الجسم تتناسب تناسبا طرديا مع القوة الدافعة، وتتناسب تناسبا عكسيا مع المقاومة. وقال بوجود أربعة عناصر قابلة للتحول بعضها إلى البعض وتتكون منها الأرض الكروية التي هي مركز الكون، وكل ما يحيط بها. وتضمنت تعاليمه أن هذه الأجسام الأولية تنزع بطبيعتها إلى الحركة في اتجاه مواضعها المخصصة لها، وهي في حركتها هذه تسير في خطوط مستقيمة سواء نحو مركز الكون النهائي الكروي الشكل أو بعيدا عنه وهذا هو أيضا مركز الأرض. وعلى عكس ذلك النجوم والكواكب التي تتكون من عنصر خامس غير قابل للفساد وهو الأثير.

وفسر حركة النجوم والكواكب في الكون وفق نظرية معاصرة عالم الرياضيات والفلك يودوكوس الكنيدي Eudoxus of Cnidus المولود في كنيدا عام 408 ق. م الذي درس على يد أفلاطون وسافر إلى آسيا الوسطى حيث ألم بعلوم الفيثاغوريين في الرياضيات، كما سافر إلى مصر حيث نهل من علوم المصريين القدماء.

ونلاحظ أن فكرة كروية أو استدارة الأرض وأجسام الكون كانت هي السائدة، وأن الإنسان هو مركز الكون على هذه الأرض حيث إنه أرقاها أو أكرمها خلقا حسب الاعتقاد الشائع، وتحتل الأرض مكانا وسطا في مجموع أفلاك الأجرام السماوية التي هي في حركة ظاهرية دائبة. وظلت نظرية مركزية الأرض هي القاعدة إلى أن جاء كوبرنيكوس وقال بمركزية الشمس.

ومن أهم إسهامات أرسطو التشريح وعلم الحيوان حيث قدم تصنيفا للحيوانات في سلم صاعد للطبيعة يرتقى باطراد حتى يبلغ قمته ممثلة في الإنسان، ولكن دون أن يخرج من ذلك بفكرة عن تطور الكائنات بعضها عن بعض وأن جمعها والإنسان سلم ارتقائي واحد. وقال إن القلب هو مهد الذكاء والفهم، وهى فكرة كانت شائعة قديما.

وفى مجال الفلسفة ميز بين جوانب ثلاثة: الجانب انتظري الخاص بالوجود وعناصره وأسبابه وأصوله، والجانب العملي الخاص بنشاط الإنسان، والجانب الفني أو الشعري وهو خاص بالإبداع. وترجم العرب في عصر ازدهار نهضتهم بعض كتب أرسطو واستوعبوا فلسفته وفكره العلمي، وعالجوا قضاياهم في ضوء منهجه.

وأهم مؤلفات أرسطو الأورجانون وهو كتاب المنطق. وله في علم الطبيعة مؤلفات منها «السماع الطبيعي» و«السماء» و«الكون والفساد» و«النفس» وله كتاب في الميتافيزيقا أو ما بعد الطبيعة و«الأخلاق» و«السياسة» و«الخطابة» و«الشعر».

2- الفلوجستون Phlogiston

عنصر كيميائي ملتهب وهمي كان الاعتقاد السائد قديما بين الكيميائيين وقبل اكتشاف الأكسجين أنه علة الاشتعال. وقد زال هذا الاكتشاف بعد اكتشاف الأكسجين. وجدير بالذكر أن من علماء العرب من أمثال البيروني من كانوا يرون هذا الرأي.

ونظرية الفلوجستون هي نظرية عن الاحتراق سادت خلال القرن الثامن عشر ودحضها لافوازييه إذ كان الاعتقاد عند الكيميائيين السابقين أن جميع المواد القابلة للاحتراق تشتمل على الفلوجستون الذي يزول أو يغادر الجسم المحترق عند الاحتراق ويتخلف الرماد. ومن ثم كان الظن إن استعادة الفلوجستون إلى بقايا الاحتراق يعيد المادة إلى أصلها.

3- جاليليو جاليلي (1564-1642) Galileo Galilei

عالم فلك ورياضيات وطبيعة إيطالي موهوب. من مؤسسي الفيزياء الكلاسيكية، وعلم من أعلام الحركة الإنسانية التي حولت الفلسفة الطبيعية للعصر الوسيط إلى العلم الحديث. تحول اهتمامه

عن دراسة الطب إلى الرياضيات. وكان متعدد الاهتمامات العلمية، وأحب الآداب والفنون. تحدى عبادة أرسطو، وكتب وهو في مطلع العقد الثالث من عمره أول دراسة موجزة له «عن مركز الجاذبية وطريقة مبتدعة لتحديد الثقل النوعي». تنقل في جامعات أقاليم إيطاليا يدرس فيها الرياضيات. قادته أبحاثه في العلم البحث إلى اكتشاف ثبات الدورة الزمنية للبندول Isochronism أي ثبات مدة الذبذبة مهما اختلفت سعتها، واخترع الميزان المائي، ووجد أن الأجسام الساقطة تسقط بعجلة ثابتة مهما اختلفت أوزانها، وأن القذيفة تسير في قطع مكافئ. واخترع في عام 1609 أول تلسكوب للأرصاد الفلكية، واكتشف وجود جبال على سطح القمر، وأن هناك نجوما عديدة لا يراها الإنسان بالعين المجردة واكتشف أن درب التبانة به أعداد لا حصر لها من النجوم. كما اكتشف في عام 1610 أربعة أقمار تدور حول المشترى سميت نجوم ميديتشي.

كان يؤمن بأن الكون لا نهائي وأن المادة خالدة أبدية والطبيعة وجود واحد متكامل يخضع لقوانين ميكانيكية. ورأى أن التجربة والمشاهدة هما نقطة الانطلاق المأمونة لمعرفة الطبيعة. ويعتبر بذلك أب الاستقراء وأحد مؤسسي العلم التجريبي. واكتشف وجهة الزهرة والبقع الشمسية وشجعته اكتشافاته المتعاقبة على أن يكون أكثر جرأة في بيان التناقض بين الفلك التقليدي وبين الظواهر الفلكية الجديدة. وحفزه هذا على الاعتراف صراحة بإيمانه بنظرية كوبرنيكوس عن مركزية النظام الشمسي. ومنذ ذلك الحين أصبح جاليليو عرضة لسهام النقد القاتلة وتحول إلى الدفاع عن منهجه في البحث ومكتشفاته ضد أصحاب النظرة التقليدية واستمر في صراعه ضد خصومه من رجال الدين أو الحاقدين عليه. وشن رجال الدين حملة من العظات الدينية يؤكدون مروقه وخروجه على الدين وانتهى الأمر بعرض قضيته على الكرسي الرسولي في روما الذي أدان باسم الدين نظرية كوبرنيكوس وكل من ذهب مذهبه. وتراجع جاليليو بدافع من الخوف وحصر جهوده في مجال حساب جداول لحركات بعض الأجرام السماوية. و دخل في مناظرات أكد خلالها أفكاره بشأن بعض المسائل المتعلقة بنظرية المعرفة ومناهج البحث منها ضرورة التجارب والمشاهدات الكمية. وانتهى الأمر بأن استدعاه الكرسي الرسولي في روما وأصدر قراره بإيداعه في السجن وأرغموه على التنكر لنظرية كوبرنيكوس. ولقد كانت نظرياته هي الأساس لأعمال جيل أتى من بعده وكان على رأسه هيجينز ونيوتن.

4- كوبرنيكوس، نيقولا (1473-1543) Copernicus, Nicolaus

عالم فلك بولندي. من أسرة غنية من أصل ألماني. بعد أن أنهى دراسته في جامعة كراكوف أصبح كاهنا في كاتدرائية ثم نزح إلى إيطاليا ودرس القانون الكنسي. تأثر بالحركة الإنسانية التي حفزته إلى دراسة الكلاسيكيات. وأثارت فيه هذه الدراسة الاهتمام بالفلك. وحاز شهرة واسعة كطبيب ولكن الفلك هو الذي استحوذ على اهتمامه.

صاحب نظرية دوران الأرض والكواكب حول الشمس، التي هي أساس علم الفلك الحديث. تعتبر نظريته في تاريخ العلم ثورة بمقاييس عديدة منها ضرورة استقلال البحث العلمي، واستقلال نطاق الطبيعة عن نطاق العقيدة الدينية.

وتعتبر كذلك تحولا كاملا عن نظرية مركزية الأرض التي قال بها بطليموس والتزمت بها العقائد الدينية تعبيرا عن تكريم الله للإنسان. وأثبتت نظريته فساد نظرة أرسطو عن تضاد حركات الأجرام السماوية في فلكها مع حركات الأجسام الأرضية وطبقات السماء، وهي النظرة التي التزمت بها الكنيسة-وأديان أخرى-واعتمدت عليها في تفسير الخلق، وبهذا مهدت نظريته السبيل إلى الرؤية الجديدة للنشأة الطبيعية للمجموعة الشمسية وتطورها. وأدانت الكنيسة نظرية

كوبرنيكوس.
أجرى حسابات لحركات الكواكب. وبنى بحوثه على دراسات سابقة. وقد استحدث نظريته عن مركزية الشمس بناء على تأمل نظري. إذ رأى أنها تقدم تفسيرا أبسط نظريا كثيرا من تفسير بطليموس عن نظرية مركزية الأرض. فقد استمد نظريته على أساس اقتصادي وقال إن من باب الاقتصاد أن يدور الجسم الأصغر-وهو الأرض-حول الجسم الأكبر-وهو الشمس-وليس العكس. ووجد في أدبيات القدماء مثل الفيثاغوريين وأرسطارخوس ما يدعم هذه النظرة. ولكنه ظل محتفظا بالفكرة التقليدية القديمة عن الكون بأنه نهائي محدود وأنه كروي الشكل، وإن حركة جميع الأجرام السماوية دورانية. ووضع فروضا جديدة تناقض التصور التقليدي عن الكون. من ذلك مثلا قوله إن جميع حركات الأجرام السماوية ليس لها محور مشترك وأن محور الأرض ليس هو محور الكون بل هو فقط مركز جاذبية ومركز تلك القمر. وأن الحركة الظاهرية للشمس ترجع إلى حركة الأرض التي تدور في فلكها حول الشمس. وهاهنا كانت الثورة التي صدمت مشاعر المؤمنين وتحولت الأرض إلى كوكب عادى وكانت نظريته الجديدة أساسا لتطوير الميكانيكا الجديدة لحركات الأجرام السماوية التي وضعها وطورها من بعده كيبلر وجاليليو ونيوتن.
5- نيوتن، اسحق (1642-1727) Newton, Isaac
عالم فيزياء إنجليزي من أعظم علماء القرن 18 في الفيزياء والرياضيات والفلسفة الطبيعية. استطاع خلال تجاربه على الضوء تحليل الضوء العادي إلى ألوان الطيف المعروفة بواسطة منشور ثلاثي زجاجي اخترع التلسكوب العاكس، ووضع قانون الجاذبية العام، وقوانين الحركة. وهو مؤسس الميكانيكا الكلاسيكية.
كان له تأثير كبير على تطور الفكر الفلسفي من خلال آرائه عن المنهج العلمي وفلسفة العلوم وصورة الكون الجديدة. أهم كتبه كتاب الفلسفة الطبيعية وأسس الرياضيات-1687 ويشار إليه عادة بكلمة الأسس أو البرنكيبيا.
ويمثل قانون الجاذبية العام تكملة طبيعية لتصور كوبرنيكوس عن مركزية الشمس للمجموعة الشمسية فضلا عن أنه يشكل أساسا علميا جديدا لتفسير كثير من العمليات التي تجرى في الكون بما في ذلك عمليات فيزيقية وكيميائية. وأصبح أساسا لإطار فكرى أو نظرة فلسفية جديدة إلى العالم.
قال عنه آينشتين في مقدمة لطبعة جديدة من كتاب «البصريات:< «كانت الطبيعة عند نيوتن كتابا مفتوحا يقرأ حروف كلماتها في يسر وسهولة.... لقد جمع في شخص واحد بين الباحث التجريبي والمفكر النظري وعالم الميكانيكا والفنان في عرضه لأفكاره. إنه يقف أمامنا شامخا قويا واثقا فريدا. نلمس في كل كلمة من كلماته بهجته في الخلق والإبداع ودقته الفائقة.
6- لافوازييه-أنطوان لوريه (1743-1794)

Lavoisier, Antoine Laureut

كيميائي وفيزيقي فرنسي، مؤسس الكيمياء الحديثة. أحد الرواد الذين أدخلوا الطرق الكمية الكيميائية. عين طبيعة الاحتراق ودور الأكسجين في عملية التنفس. أعدم المقصلة في عهد الإرهاب.
درس القانون في باريس ودرس الجيولوجيا والكيمياء والفلك والرياضيات وعلم النبات. في 1764 قدم أول مذكرة له إلى أكاديمية العلوم الملكية وتبعتها مذكرات أخرى عديدة. وفي عام 1768 انتخب عضوا بالأكاديمية ونذر نفسه للعلم منذ ذلك الحين. وتولت الأكاديمية نشر مذكراته. أثبت

في عام 1772 أن ناتج الاحتراق «هواء ثابت». وعنى بدراسة الاحتراق الذي كانت تسيطر عليه نظرية الفلوجستون.
وفى نوفمبر 1772 أودع الأكاديمية مذكرة مختومة. وتوضح هذه المذكرة أن تجاربه أثبتت أن زيادة وزن الفوسفور والكبريت عند الاحتراق راجع لاتحادهما مع الهواء الموجود في الغلاف الغازي، وهو نفس سبب زيادة وزن المعادن بعد تحميصها. وتبين له أن الغاز الناتج عن تسخين الكلس مع الفحم يطابق «الهواء الثابت» الذي قال به جوزيف بلاك.
وفى أول أغسطس من عام 1774 حصل جوزيف بريستلي من أكسيد الزئبق على غاز ساعد على الاحتراق بقوة. ولم يدرك صلاحيته للتنفس إلا في مارس 1775 وحينئذ قال عن اكتشافه هذا أنه هواء «خلو من الفلوجستون». وحدث لافوازييه عن ذلك، ورأى لافوازييه في اكتشاف بريستلي الحل لمشكلته وأعاد تجارب بريستلي ثم أخطر الأكاديمية أن «المبدأ» الذي يتحد مع المعادن عند التحمية ويزيد وزنها هو هواء تمت تنقيته. ثم غير كلمة «مبدأ» إلى «هواء صالح للتنفس تماما» وعرف أنه موجود في الهواء العادي. وفى نهاية عام 1777 أثبت أن هذا الهواء الصالح للتنفس يتحول بفعل الاحتراق والتنفس إلى «هواء ثابت»، ورأى أنه أحد مكونات الأحماض. وأطلق عليه في هذا العام اسم «أكسجين». واستخدم الاكتشاف الجديد لتفسير الماء إذ لم تعد الأفكار القديمة مناسبة. وشرع في شن هجومه على نظرية الفلوجستون. وعنى بعد ذلك بدراسة عملية التنفس عند الإنسان والحيوانات وعرف كيف يتكون ثاني أكسيد الكربون نتيجة عملية التنفس، ونسبته في الهواء. ووضع أسس دراسة عملية الأيض في الإنسان.
7- آينشتين Einstein, Albert
ولد في ألمانيا عام 1879 وتوفى في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1955 إذ سافر إليها عام 1933 واستقر بها بعد أن تولى هتلر السلطة.
عالم فيزياء نظري أهم إنجازاته نظرية النسبية. عمل أبوه مهندسا كيميائيا ولكنه واجه صعوبات كثيرة ومستمرة في حياته العملية مما اضطره إلى الرحيل هو وأسرته من مكان إلى آخر. وأثر ذلك على تعليم ابنه ألبرت إذ كان تعليما غير منتظم. والتحق ألبرت بمدرسة تكنيكية في زيورخ بعد أن تأخر بعض الوقت بسبب قصوره في مادة الرياضيات. وأتم دراسته في عام 1901 وحصل على الجنسية السويسرية. وكان يأمل في العمل مدرسا بإحدى المدارس. ولكنه لم يتمكن من تحقيق آماله بسبب ديانته اليهودية. ومن ثم التحق بعمل متواضع في مكتب براءات الاختراع في برن. والجدير بالذكر أيضا أن أول إسهاماته في الفيزياء النظرية كان عام 1901 ولكن صدرت له أهم ثلاثة بحوث في عام 1905. وألقى بعض المحاضرات في جامعة برن ثم عمل أستاذا في زيوريخ عام 1909 وتنقل بين عدة جامعات. وظهر بحثه الأساسي عن النظرية العامة في عام 1915. وحصل على جائزة نوبل لبحثه عن نظرية الكم «الكوانطا» عام 1922.
والبحوث الثلاثة الأولى هي على الترتيب بحث عن الحركة البرونية ويتناول الحركة غير المنتظمة للدقائق المتناهية الصغر في السوائل نتيجة أمطارها بوابل من الجسيمات. وكان بذلك أول من أوضح أن بالإمكان استنتاج عدد جزئيات السائل في كل وحدة من وحدات الحجم عن طريق عمل قياسات للطريقة التي تتحرك بها الجزئيات المرئية. والورقة الثانية في عام 1905 وتتناول أساس ميكانيكا الكم. وأثبت أن الإشعاع جزئيات (فوتونات) كل منها تحمل كمية من الطاقة. والورقة الثالثة عن النظرية النسبية الخاصة.
وظهرت في أواخر القرن التاسع عشر مشكلات في ميدان البصريات لم تتمكن من حلها النظرية

الكهرومغناطيسية عن الضوء التي قال بها ماكسويل والمعروفة أيضا باسم النظرية الموجية التي تقول إن الضوء حركة موجية تسير في سرعة محددة ومستقلة عن حركة المصدر وحركة المستقبل.
وفي عام 1904 اكتشف كل من لورنتس وبوانكاريه طريقة جديدة لتغيير معادلات ماكسويل بشأن سرعة الضوء وأمكن الحصول على إجابات صحيحة دون معرفة السبب. وهنا قدم آينشتين ما يعتبر أعظم إنجازاته في الفيزياء بشأن قياس سرعة الضوء من نقاط مختلفة والذي قاده إلى النظرية النسبية الخاصة.
وقد أدت نظريات آينشتين في مجملها إلى مفاهيم جديدة للزمان والمكان والحركة والجوهر والضوء والجاذبية. كما كانت نظرياته برهانا يدعم الرؤية الفلسفية الواقعية إن أكدت واقعية الأشياء وحركتها. وكان في آرائه الفلسفية متفقا في نواح كثيرة من الفيلسوف إسبينوزا وينكر أي جوهر لا مادي مؤكدا موضوعية العالم وإمكانية معرفته. وكان يؤمن بأن العلم أداة الإنسان لحياة أفضل لا تعرف القهر والحروب.
8- ماكسويل-جيمس كلارك (1831-1879)

Mawell, James Clerk

عالم فيزياء اسكتلندي، اشتهر ببحوثه في المغناطيسية والكهرباء وضع نظرية المجال الكهرومغناطيسي رياضيا. استنتج إن الموجات الكهرومغناطيسية والضوئية أنواع مختلفة من الموجات الكهرومغناطيسية تتحرك على هيئة موجات. عرفت وحدة قياس الحزمة المغناطيسية باسمه تكريما لأعماله. صدرت له عدة دراسات منها «النظريات الديناميـة عن المجال الكهرومغناطيسي» وتضمنت هذه الدراسة المعادلات التي اشتهرت باسمه عن المجال وسرعة الضوء، ومن أهم أعماله في مجال الفيزياء نظريته عن حركة الغازات

## الفصل الثاني

1- بطليموس أو بطلميوس السكندري، كلوديوس

Ptolemy of Alexandria

عالم فلك ورياضة وجغرافيا وفيزياء ومؤرخ. يوناني مصري. نشأ بالإسكندرية. كان لكتابيه المجسطي والجغرافيا السيادة على علمي الفلك والجغرافيا لمدة 14 قرنا. اكتشف عدم انتظام حركة القمر.، وله أرصاد هامة عن حركات الكواكب.. اعتبرت أعماله في الفلك والجغرافيا مرجعا أساسيا حتى أيام كوبرنيكوس. كتابه «المجسطي» يضم مسائل وتفسيرات للأجرام السماوية وعلاقتها بالأرض ويتضمن مشاهدات وأرصادا وتقنيات مأخوذة إلى حد كبير من أعمال هيباركوس الروديسي وهي أعمال مفقودة. ويشتمل المجسطي على ثلاثة عشر بابا وكتابا هي كما يلي:
الأول والثاني-عرض عام للكون ومركزه الأرض
الباب الثالث: طول السنة وحركة الشمس.
الرابع: أطوال الشهور وحركة القمر.
الخامس: أبعاد وأحجام الشمس والقمر.
السادس: الكسوف والخسوف
السابع والثامن: جدول النجوم (أقدم جدول معروف) وتقدم الاعتدالين.
التاسع إلى الثالث عشر-حركات خمسة كواكب في حركاتها الدائرية وهي من أهم إنجازاته

ويشتمل مؤلفه «الجغرافيا» على ثمانية كتب تتناول الأسلوب الرياضي الفني في رسم الخرائط. ويضم قائمة بخطوط الطول والعرض وأطلس العالم المعروف آنذاك.
وله كتاب في البصريات يتحدث عن انعكاس الضوء على المرايا وانكساره عند السطح الفاصل بين وسطين شفافين.
أما نظام بطليموس فهو صورة كما تخيلها القدماء، حيث الأرض في المركز، وتدور حولها باقي الأجرام السماوية في دوائر وبسرعة منتظمة. وفسر ابتعاد الكواكب واقترابها من الأرض بافتراض مسارات دائرية صغيرة لهذه الكواكب (أفلاك تدوير) تتحرك مراكزها على محيط دوائر تقع الأرض في مركزها، وله جداول بها 1028 نجما تعتبر أقدم وصف دقيق معروف للسماء، أما أعماله الجغرافية فيشتمل معظمها على جداول لخطوط الطول والعرض للبلدان المختلفة.
2- فرانكلين، بنيامين Franklin, Benjamin
سياسي وناشر وعالم وكاتب وصحفي وفيلسوف أمريكي، عاون في إنشاء جامعة بنسلفانيا (1751) وأثبت بالتجربة الصلة بين البرق والكهرباء.
من أعظم العلماء الذين أسسوا علم الكهرباء. واستقر في ولاية فيلادلفيا بعد جولات واسعة في الخارج ثم أنشأ صحيفة أضحت مركزا لتجمع ثقافي لعدد من المفكرين، وكان هذا التجمع نواة لما عرف باسم الجمعية الفلسفية الأمريكية. وكان من أشهر كتاب الرسائل في أمريكا. وأسهم بدور كبير في النضال من أجل الاستقلال. واشترك في وضع وثيقة إعلان الاستقلال ومثل بلاده في فرنسا ووقع الصلح مع بريطانيا وشغل مناصب رسمية رفيعة.
بدأت تجاربه في مجال الكهرباء عام 1746. وأقنعته دراسته للكهرباء المولدة عن الاحتكاك بحدوث «سيال كهربي» يؤدي إلى وجود سطحين أحدهما موجب والآخر سالب، وتعرف باسم نظرية «السيال الواحد» مقابل نظرية السيالين التي قال بها دي فاي وآخرون. وساعدت نظريته على فهم وعاء ليدن وعلى ابتكار وعاء أو حوض فرانكلين Franklin Pan وهو أول مكثف ذي رقائق عبارة عن زجاج بين ألواح من رصاص.
اشتهر فرانكلين علميا بإقامة الدليل على أن البرق له طبيعة كهربية، واهتم بالحرارة المشعة والتوصيل الحراري وديناميكا الموائع «الهيدروديناميكا» والأرصاد الجوية.
3- لييل، سير شارلز (1797-1875) Lyell. Sir Charles
عالم جيولوجيا إنجليزي. لم يكشف عن مواهب فذة أو تفوق في دراسته بالمدرسة أو الجامعة. واستغرقته هواية جمع الفراشات التي لازمته طوال حياته. ولكنه اهتم بالجيولوجيا من خلال قراءاته الخاصة واطلاعه على أهم ما كتب عنها من كتب في مكتبه أبيه. وشرع في رحلات سياحية جيولوجية في أنحاء إنجلترا وأوربا. وانضم إلى جماعة الجيولوجيا وعمل سكرتيرا لها ثم رئيسا.. وألف العديد من الأبحاث الجيولوجية أهمها «أسس الجيولوجيا» و «عناصر الجيولوجيا» و «الشواهد الجيولوجية على قدم الإنسان» كان من أقرب أصدقاء شارلز داروين وأسهمت جهوده في تحديد مسار فكر داروين.
4- بلانك، ماكس (1858-1947) Planck, Max
عالم طبيعة ألماني-نذر حياته لعلم الفيزياء وللموسيقى فقد كان عازف بيانو بارعا، صاغ النظرية الحرارية الدينامية للإشعاع الحراري. مؤسس نظرية الكم أو الكوانطا التي تعالج المفهوم الجديد للطاقة الإشعاعية (1900) تنبعث الطاقة الإشعاعية في كمات طاقة، تحمل كل كمة مقدارا من الطاقة يساوي حاصل ضرب ثابت بلانك (6, 625 27-10 X أ/ج ثانية) في التردد. فسر على

أساسها توزيع طاقة إشعاع الجسم الأسود. وأفاد بها آينشتين في تفسير الكهربية الضوئية. كما أفاد بها نيلزبور وطبقها على كمية تحرك الإلكترونيات في الذرة واستطاع وضع أول نموذج للذرة أثبت به أن الذرة تبعث الطاقة وتمتصها بكميات محددة منفصلة، عدلت النظرية إلى أن وضعت في إطار جديد باسم الميكانيكا الكمية.

خصص ماكس بلانك قسطا كبيرا من أعماله للمشكلات الفلسفية الخاصة بالعلوم الطبيعية منها الدلالة الفلسفية لقانون الطاقة ومبدأ العلية. وانتقد بشدة الفلسفة الوضعية وبخاصة وضعية أرنست ماخ. مني بكوارث عديدة في حياته كان من أشدها قسوة على نفسه أنه فقد ابنه الذي أعدمه النازي.

نال جائزة نوبل عام 1918 في الفيزياء من مؤلفاته «فلسفة علم الفيزياء» (1936) و «الديناميكا الحرارية» (1945)

5- يونج، توماس (1773-1829) Young, Thomas

عالم الفيزياء الإنجليزي. صاحب النظرية الموجية للضوء. درس بعد تخرجه بعض لغات الشرق الأوسط منها السريانية والعبرية. استوعب وهو في السابعة عشر من عمره كتابي «نيوتن» البصريات و«البرنكيبيا» وفهمهما جيدا. اختار أول الأمر دراسة الطب ليعمل طبيبا. اتجه بعد ذلك إلى بحوث في مجال الفيزياء عن الصوت والضوء وصدر له أول بحث بعنوان «عرض عام لتجارب وبحوث عن الصوت والضوء» عام 1800. وله علاوة على ذلك دراسات عن الخاصية الشعرية وتماسك السوائل، وعدد من الدراسات الطبية، والجدير بالذكر أن يونج له إسهامات قيمة في فك رموز اللغة المصرية القديمة «الهيروغليفية» ابتداء بدراسته لحجر رشيد.

6- فريزنل، أوغسطين جين (1788-1827)

Fresnel,. Augustin Jean

عالم فيزياء فرنسي. اشتهر في مجال النظرية الموجية للضوء وفي البصريات التطبيقية. تخرج مهندسا. وجه قدرا كبيرا من اهتمامه لدراسة الضوء. استحدث نظرية موجية عن الضوء تختلف عن الموجات الطولية التي قال بها من قبله علماء من أمثال هوجينز ويونج وقال بموجات مستعرضة، وأحدثت نظريته تأثيرا كبيرا على كل الدراسات الخاصة بالجوانب الهندسية للضوء والفوتومترية أي قياس شدة الضوء وعلاقة الضوء بالفضاء والمادة، وله دور كبير في تطوير العدسات لتكثيف الضوء.

7- هوكسبي، فرنسيس Hauksbee, Francis

غير معروف تاريخ ومكان ولادته-توفى عام 1713 عالم فيزياء لا نعرف عن حياته غير القليل. تتلمذ على يد روبرت بويل،. عمل معه في تصميم وبناء المضخة الهوائية لأغراض تجريبية. أوضح أن الهواء يتوهج في حالة الضغط المنخفض إذا ما أفرغت فيه شحنة كهربية، أول كتاب له عرض فيه تجاربه صدر عام 1702 تحت عنوان «تجارب فيزيقية ميكانيكية». واستخدم المضخة المفرغة من الهواء وأجرى تجارب على انتقال الصوت في الهواء مؤكدا اعتماد عملية الصوت على ضغط الهواء.

8- جراي، ستيفين (1670-1736) Gray, Stephen

عالم إنجليزي، لحظ أن السدادات في نهاية الأنبوب الزجاجي تكشف عن خواص كهربية عند حكها بالزجاج، أجرى عديدا من التجارب الكهربائية الاستاتيكية نجح خلالها في نقل التأثير الكهربي إلى مسافات كبيرة واستخدم موصلات محايدة مثل الشعر والزجاج والحرير لاختزان

الكهرباء في الأجسام لفترات زمنية كبيرة نشر بحوثه عن الكهرباء في كتابه Philosophical Transactions

9- دي فاي، شارلس فرانسوا دوسترناي (1698-1739)

Du Fay Charles Francois de Cisternay

عالم كهرباء فرنسي، قال بنوعين من الكهرباء. بدأ حياته في الجيش الفرنسي ودرس خلال هذه الفترة الكهرباء ثم ترك في الجيش ليعمل مساعد كيميائي في أكاديمية العلوم بباريس. ألف عددا من الأبحاث في الكيمياء. واشتهر بست مذكرات كتبها عن الكهرباء وصدرت خلال الفترة من 1733-1737. أثارت انتباهه ظاهرة انجذاب أجسام معينة مثل الكهرمان والحرير والورق إلى ورقة ذهب بعد حكها بعامود زجاج بينما تتنافر أجسام أخرى. واستنتج من ذلك وجود نوعين من الكهرباء أطلق عليهما اسم كهرباء زجاجية وكهرباء راتنجية وقال إنهما مسؤولان عن ظاهرتي التجاذب والتنافر. وأثبت أيضا أن هناك رابطة بين قدرة جسم ما على توصيل شحنة كهربية وبين قدرته على تلقي الشحنة.

10- نوليه، أبي جان أنطوان (1700-1770)

Nollet, Abbe Jean Antoine

عالم كهرباء فرنسي، اشتهر بأبحاثه بالاشتراك مع دي فاي، وانتخب عضوا بأكاديمية العلوم الفرنسية وقام بدور كبير لنشر وترويج العلم التجريبي في فرنسا. كان باحثا تجريبيا لا يعرف الكلل خاصة في مجال الكهرباء التي تصور أنها ناتجة عن حركة تيارين من السائل في اتجاهين متعارضين بحيث يؤدي ذلك إلى جذب أو تنافر الأجسام المشحونة من فوق السطح ولكن حلت محل هذه النظرية بعد ذلك نظرية بنيامين فرانكلين.

11- واطسن، سيروليام (1715- 1787) Watson, Sir WilIiam

طبيب إنجليز ولكنه اشتهر بدراساته عن الكهرباء، نشر أكثر من خمسين دراسة عن الكهرباء والطب والتاريخ الطبيعي، وأهم دراساته تحمل عنوان «تجارب عن طبيعة الكهرباء» وأوضح أن الهواء الرطب جيد التوصيل، واستخدم في تجاربه وعاء ليدن. حاول أن يتبين سعة الكهرباء ولكن منهجه في البحث لم يسعفه.

12- أرشميدس Archimedes

ولد في سيراتوسيا عام 287 وقتل فيها عام 212 ق. م أعظم علماء الرياضيات في العصر القديم. ومبتكر علم الاستاتيكا أو علم السكون، وكذلك علم الهيدروستاتيكا أو ضغط وتوازن السوائل الذي استنبط منه قاعدة إرشميدس. طبق حسابا هندسيا محكما لقياس الخطوط المنحنية والمساحات والأجسام الصلبة، ونجح بخاصة في قياس محيط الدائرة ومساحتها وحجم الكرة والأجسام المخروطية.

ومن إنجازاته أنه حدد مراكز جاذبية المسطح البسيط واستنبط من ذلك قاعدة الروافع، واخترع طنبور إرشميدس وهو بريمة داخل جسم أسطواني يستخدم في رفع المياه.

13- بلاك، جوزيف (1728-1799) Black, Joseph

عالم كيمياء فرنسي، رائد كيمياء الغازات، وضع نظرية عن الحرارة النوعية والكامنة. درس اللغات والفلسفة الطبيعية ثم التشريح والطب. وفي عام 1754 قدم رسالته الجامعية لنيل درجة دكتور في الطب وعنوانها «المزاج الحمضي الناشئ عن الطعام وكربونات المغنيسيوم» وتضمنت دراسته نماذج ممتازة للتجارب الكيميائية على القلوبات وعلاقتها بثاني أكسيد الكربون «الهواء

الثابت» وتميزت تجاربه بطابعها الدوراني في التحول من شيء إلى شيء في ارتباط بالوزن بحيث وضع أساسا للكيمياء الكمية للقلويات والهواء الذي يتحد معها أثناء ذلك.

ومن أهم نتائج أبحاثه هذه إثبات إمكانية دراسة الغازات في ارتباط بعمليات قياس الوزن. وكان بلاك يفضل إن يطلق على الغاز الذي يتعامل معه اسم «الهواء الثابت» إلى حين اكتشاف معلومات أكثر عنه. ولكنه وضع الطريقة التي يمكن بها التحكم في الغازات عند دراستها كمكونات كيميائية متمايزة.

وفي عام 1763 أثبت ظاهرة الحرارة الكامنة أي الحرارة اللازمة لإحداث تغير في الحالة من الصلابة إلى السيولة أو من السيولة إلى الغازية، ثم ميز بين الحرارة أو السخونة Heat وبين درجة الحرارة Temperature كما أثبت خاصية الحرارة النوعية Specific heat

14- بويل، روبرت (1627-1691) Boyle, Robert

عالم كيمياء أيرلندي، أكمل تعليمه خلال رحلات تنقل فيها بين فرنسا وسويسرا وإيطاليا ثم عاد إلى إنجلترا. تميز بسعة اطلاعه في الفلسفة والعلوم والإلهيات واللغات وبدأ بعد ذلك بإجراء التجارب العلمية. عمل مساعدا لروبرت هوك في أبحاثه الخاصة بتطوير مضخة الهواء، التي كانت أساسا لكثير من تجاربه العلمية الأولى.

نشر القانون المعروف باسمه «قانون بويل» وان كان مكتشفه في الواقع تاونلي Towneley وهو أحد مساعدي بويل-الخاص بالعلاقة المتبادلة بين حرارة الغاز وبين درجة الضغط ومضمونه أنه إذا تساوت درجة الحرارة فإن تناقص حجم الغاز المضغوط يتناسب مع ازدياد الضغط.

هاجم بويل الكيمياء القديمة وأفكار أرسطو. وقدم نظرية ذرية يقول فيها إن المكونات الأولى للمادة هي أجسام أولية بسيطة وغير متحدة ببعضها وعندما تتحد تعطينا الأشكال المتباينة التي نعرفها عن المادة وأن الذرات التي هي في حالة حركة مسؤولة عما ندركه من ظواهر الطبيعة.

15- بويرهاف، هرمان (1668-1738) Boerhaave,Herman

عالم كيمياء هولندي، درس الطب والكيمياء، كما درس الفلسفة واللغات وعلم النبات وتخصص في الطب في بداية حياته العملية ثم بدأ في الاهتمام بالبحث الكيميائي وتدريس الكيمياء.

وبويرهاف من الشخصيات الغريبة في تاريخ العلم، واسع العلم والمعرفة، ومعلم موهوب، حتى أن معاصريه كانوا يقارنون بينه وبين نيوتن وإن لم يقترن اسمه باختراع علمي محدد، ولكنه كان عالما صاحب نفوذ وتأثير بكتاباته وتعاليمه. له مؤلفات عديدة في الكيمياء والطب والفلسفة الطبيعية. تميز منهجه في البحث والنظر بأنه نقيض المنهج السائد في عصره وهو منهج غيبي وقتما كانت الكيمياء لا تزال مبحثا بعيد الصلة عن العلوم المضبوطة.

16- هتون، جيمس (1726-1797) Hutton, James

المؤسس الرئيسي للجيولوجيا كعلم. درس الفن وعمل في مكتب محام واستهوته التجارب الكيميائية في أوقات الفراغ، ثم عاد إلى الجامعة ليدرس الطب وحصل على درجة دكتور في الطب عام 1749. ثم اتخذ الزراعة مهنة له وعاش في مزرعة ولكن الصخور التي اكتشفها مستقرة تحت التربة الزراعية أثارت عقله الفلسفي، وحثه هذا على متابعة بعض الدراسات العلمية، وأصبح همه الشاغل هو المشاهدات الجيولوجية وتأملها في كل المناطق المحيطة به وبدأ رحلات في مختلف أنحاء إنجلترا. وكتب دراسة عنوانها «نظرية الأرض» تتضمن مشاهدات مع تفسيرات نظرية وكانت إرهاصة لأساس علمي لعلم الجيولوجيا.

17- بليني-جايوس بلينوس سيكوندوس أوبليني الأكبر (23 م-79 م)[Pliny [Gaius Plinus Secundus,

Pliny The Elders

عالم تاريخ طبيعي وموسوعي روماني ولد في كومو-إيطاليا. لقي مصرعه وهو يراقب ثوران بركان فيزوف. مؤلف موسوعة التاريخ الطبيعي الكبير وتضم 37 كتابا وهو دائرة معارف أو دراسة موسوعية عن العلوم عند القدماء Naturalis Historian والكتاب تجميع انتقائي دون دراسة نقدية ولكنه يكشف عن فضول وحب اطلاع وأصالة في المشاهدة، وميزته أنه حفظ لنا قدرا كبيرا من المعلومات الهامة عند القدماء خاصة الفنون التقنية. ويتناول كل كتاب في الموسوعة مبحثا مستقلا مثل الفلك أو طبيعة الإنسان وابتكار الفنون ومواطن الحيوانات المفترسة والأليفة-الطيور-المعادن والأحجار.. الخ

18- بيكون، فرنسيس (1561-1626) Bacon,Francis

رجل سياسة ورجل دولة وكاتب مقال وفيلسوف طبيعي واشتهر بمنهج بحث اقترن باسمه «منهج بيكون» يعد أساسا لمنهج البحث العلمي الاستقرائي. عمل سفيرا لإنجلترا لدى فرنسا. ونائبا في البرلمان أخفق في تحقيق شهرة أو الحصول على منصب رفيع في قمة الدولة، ولكن تغير حظه تماما بعد أن تولى جيمس الأول وحصل على لقب فارس، ثم عضوا في مجلس البلاط الملكي ومدع عام وأمين الخاتم الأعظم وأخيرا لورد ثم قاضي القضاة، وبعد أن بلغ أوج المجد أتهم بالفساد وأودع السجن ثم أفرج عنه بعد فترة وجيزة وانتهى مستقبله كشخصية عامة.

استولت عليه فكرة مؤداها أنه جاء إلى الدنيا لخدمة البشرية جمعاء وذلك من خلال اكتشاف الحقيقة. ودفعته هذه العقيدة إلى استعراض ومراجعة كل المعارف البشرية التي يأخذها الناس مأخذ التسليم وأعاد تصنيفها وفقا لارتباطها بملكات العقل «الذاكرة أو الذهن أو الخيال» وأطلق على مشروعه هذا عبارة «التجديد العظيم أو الإصلاح الأكبر للعلوم» وليس غريبا أن كتاباته المتناثرة التي استهلها بدراسة عنوانها «تقدم التعليم» (1605) إنما استهدفت حسب تصوره أن تكون أجزاء من مشروع «التجديد العظيم» Instauration Magna وجاء بعد كتابه عن التعليم كتاب الأداة الجديدة وهو ثورة في المنطق ومنهج البحث. لقد كان بيكون طموحا وكأنما وضع على عاتقه أن يغير العالم من خلال إصلاح الفكر وتجديد المنطق وتغيير منهج البحث وعلى الرغم من أن طموحاته تجاوزت جهوده إلا أنه كان أحد المعالم الأساسية في نهضة الفكر وبناء العلم الحديث. واقترن اسمه بمنهج البحث العلمي الحديث «المنهج البيكوني» أو منهج البحث الاستقرائي واتساقا مع هذا الفهم قال بيكون إن ثمة العلم دعم سيادة الإنسان على الطبيعة وأن السبيل إلى ذلك هو التعليم الذي يكشف عن الأسباب الواقعية وصولا إلى نتائج صحيحة وقال أيضا إن المعرفة اليقينية أو الصادقة ممكنة شريطة إصلاح منهجنا في المعرفة وحدد السبيل إلى ذلك وهي سبيل ذات ثلاث شعب كتب عنها «تقدم التعليم» إذ دعا إلى ثورة لتغيير التعليم، وثانيا منهج البحث وعرض ذلك ضمن الأداة الجديدة، وثالثا التخلص من الأوثان التي تحكم فكرنا وكأنها نسيج العنكبوت نعيش في إسارها ونصنع منها عالما زائفا حولنا هو من نسج حالاتنا أو أفكارنا الذاتية وموروثاتنا ولا علاقة له بعالم الواقع.

19- داروين، شارلس روبرت (1809-1882)

Darwin, Charles Robert

عالم تاريخ طبيعي إنجليزي-مؤسس نظرية التطور، قام برحلة على السفينة بيجل حول العالم على مدى خمس سنوات كانت فرصته لجمع معلومات تمثل ركيزة نظريته عن التطور. بدأ نشاطه العلمي أول الأمر كعالم جيولوجي وتحول اهتمامه إلى البيولوجيا وقدم إسهامات متميزة تمثلت

في براهينه لإثبات تطور الكائنات الحية واكتشاف مبدأ الانتخاب الطبيعي وقابلية توريث التباين بين الكائنات الحية وكيف أن هذا المبدأ ووراثة التباين هما علة التطور. أهم كتبه «أصل الأنواع» و«تباين الحيوانات والنباتات بفعل الاستدجان» واجه معارضة حادة بسبب نظريته خاصة من جانب رجال الدين. تعتبر تعاليمه ونظريته معلما هاما وحاسما من معالم القرن الماضي وتطور الفكر وانعكست على جميع الدراسات العلمية.

20- كافنديش، هنري عالم فيزياء فرنسي (1731-1810)

Cavendish, Henry

له اكتشافات في مجالات تكوين الغازات والكهرباء والجيوفيزياء أو علم طبيعة الأرض، اشتهر في الأوساط العلمية وكانت علاقاته تكاد تكون قاصرة على أصدقائه من العلماء. نشر نتائج ثلاثة أبحاث علمية أساسية وصل إلى حد اكتشاف وجود غاز الأيدروجين كعنصر متميز (هواء قابل للاشتغال) ودرس خصائص ثاني أكسيد الكربون (الهواء الثابت) واكتشف بيكربونات الكلسيوم. وأثبت أن تكوين الغلاف الغازي ثابت في مختلف الأوقات والأماكن. كما أثبت أن الماء مركب. وليس صحيحا الآن أن جيمس وات هو الذي أثبت أن الماء مركب. كان يؤمن بعنصر الفلوجستون ولكنه اعترف بأن النتائج التي توصل إليها يمكن تفسيرها في ضوء مذهب لافوازييه. ومن أهم إنجازاته أيضا أنه حدد كثافة الأرض.

وفي مجال الكهرباء كان له السبق على كل من كولومب وفاراداي في عديد من الاكتشافات منها قدرة التأثير الذاتية Specific inductive Capacity وأن الشحنة الكهروستاتيكية قاصرة على السطح الموصل.

21- كولوم، شارلس أوغسطين

Coulomb, Charles Augustine de

عالم فيزياء فرنسي اشتهر بأبحاثه في الكهرباء المغناطيسية.

جمع مذكراته الأولى عن الاستاتيكا والميكانيكا في كتاب بعنوان «نظرية الآلات البسيطة» (1779) عالج فيه مسألة المقاومة وعرض قانون كولوم عن التناسب بين الاحتكاك والضغط العادي ونشر بحثا عن المغناطيسية. له دراسات في مجال قياس التنافر الكهربي والتجاذب الكهربي. ووضع قانونه الشهير عن قوة الشحنات الكهروستاتيكية. وتناول موضوع فقدان كهربية الأجسام، وتوزيع الكهرباء في الموصلات.

22- فولتا، أليساندرو (1745-1827) Volta, Alessandro

عالم كهرباء إيطالي مخترع البطارية الكهربائية أو خلية فولتا Voltaic Cell وهي أداة تولد الكهرباء من التفاعلات الكيميائية بين لوحين معدنيين مختلفين مغموسين دون تلامس في محلول حمض مخفف. واخترع المؤثر الكهربي لتوليد شحنة كهربية بالتأثير وكذا «مجموعة فولتا» وهى مجموعة أقراص من معدنين مختلفين، مرتبة على التعاقب، ويفصل بينها لباد وتغمس في محلول الكتروليتي. وسمى الفولت باسمه وهو وحدة قوة كهربائية تساوي مقدار القوة الدافعة الكهربائية التي تسبب مرور تيار مستمر ثابت قدره أمبير واحد في مقاومة قدرها أوم واحد.

## الفصل الثالث

1- النجوم الثنائية-الثنائيات النجمية Binary Stars

نجمان يدوران حول مركز جاذبية مشترك لتقاربهما.

2- الصيغة التركيبية أو البنائية Structural Formula

صيغة كيميائية تبين ما في الجزيء من عدد الذرات وأنواعها وترتيبها أي تبين كصورة بناء الذرة. وتستخدم عادة للمركبات التساهمية Covalent Compounds أي المركبات التي ترتبط فيها الذرات بعضها ببعض لكي تكون جزيئات بالتشارك في أزواج من الإلكترونات. وتمثل كل وصلة تساهمية في هذا المخطط بشرطة (-).

3- السنكروترون Synchrotron

جهاز من فصيلة السيكولوترون المستخدم لقذف نوى الذرات. ويستخدم السنكروترون لتعجيل، أي زيادة سرعة الجسيمات دون الذرية كالبروتونات والإلكترونات ويسمى أحيانا «معجل جسيمات»Particles Accelerator

4- التلسكوب اللاسلكي أو المقراب الراديوي Radio Telescope

جهاز يستخدم في مجال الفلك اللاسلكي لالتقاط وتحليل الإشعاعات الكهرومغناطيسية ذات التردد اللاسلكي للمصادر الموجودة خارج محيط الأرض. ويعمل الجهاز على جمع هذه الموجات ويبئرها تماما مثلما يعمل المقراب العاكس في جمع وتبئير موجات الضوء. ويتكون من مستقبل راديوي ومشعار (إيريال) متحرك في شكل الطاسة.

5- براه، تايكو أو تايجي (1546-1601) (Brahe,Tycho(Tyge

عالم فلك دانمركي المنشأ. ولكنه عاش بالقرب من براغ عاصمة تشيكوسلوفاكيا ويعتبر أعظم راصد فلكي قبل اكتشاف التلسكوب. استهوته دراسات الفلك وألح على أحد أقاربه لإقامة معمل. استطاع تايكو عن طريقه أن يرى النجم المستعر في برج ذات الكرسي الذي ألف عنه أول كتاب له بعنوان النجم الجديد De Nova 1573(Stella) وهو غير النجم الجديد الذي كتبه كيبلر. ألقى محاضرات في الفلك في كوبنهاجن. ترك الدانمرك في عام 1597 ووصل إلى براغ في عام 1599 وعاش تحت رعاية الملك رودولف الثاني. وكان قد اصطحب معمله معه. وانضم إليه هناك جلوهانز كيبلر الذي كان لا يزال شابا. ونشر له كيبلر كتابه الثاني بعد وفاته. وقد أفاد كيبلر من كتابه هذا في وضع جداوله الفلكية.

6- لورانس، إرنست أورلاندو (1901-1958)

Lawrence, Ernest Orlando

عالم فيزياء أمريكي مخترع جهاز السيكلوترون. عمل أستاذا بجامعة كاليفورنيا ومديرا لمعمل الإشعاع. اهتم بدراسة الكهربية الضوئية Photo-electricity وبدأ في 1929 في متابعة رأى أدنجتون عن أن التفاعلات النووية يمكن أن تحدث في حالة الطاقة العالية مثلما هو الحال في النجوم. تعاون مع لنفجستون في اختراع جهاز السيكلوترون الذي استخدمه لورانس لإثارة ودراسة التفاعلات النووية وقد حصل بسبب هذا الجهاز على جائزة نوبل عام 1939.

7- الاختلاف الظاهري السنوي لمواقع النجوم Annual Parallax

زوغان الرؤية أو الفرق بين المحل الحقيقي للسيارات والأجرام السماوية وبين محلها الظاهري ويرجع التغير الظاهري في موقع الجرم السماوي إلى تغير مكان الراصد لا إلى حركة الجرم السماوي.

8- جهاز فوكو (بندول فوكو) Foucault's apparatus or Pendulum

كتلة معلقة بسلك رفيع طويل يمكن أن تتأرجح في أي اتجاه بدون مقاومة هوائية تذكر. وهو دليل

على دوران الأرض، إذ تبدأ الكتلة حركتها في مستوى معين ثم لا يلبث هذا المستوى أن يبدو متغيرا مع دوران الأرض. وسمى بهذا الاسم نسبة إلى مكتشفه العلامة فوكو.

9- عداد الإيماض Scintillation Counter

جهاز تتحول فيه ومضات الضوء الناتجة عن الفوسفور إذا ما تعرض لإشعاع مؤين Ionizing Radiation إلى نبضات كهربائية عن طريق مضاعف ضوئي إلكتروني Photomultiplier وبذلك يمكن عد الأحداث المتأينة.

10- النيوترينو Neutrino

جسم دون ذرى، متعادل كهربائيا، له كتلة صغيرة جدا أو لا كتلة له. وتنبعث النيوترينوات مع الإلكترونات من نوى ذرات معينة في أثناء بعض التفاعلات النووية مثل انحلال أشعة بيتا.

11- إشعاع موسباور Mossbauer radiation or effect

نسبة إلى رودولف لودفيج موسباور عالم الفيزياء الألماني المولود عام 1929 وله تجارب على أشعة جاما. وقد اكتشف موسباور في عام 1957 إنه في حالات معينة نجد قطاعات كبيرة من طيف أشعة جاما المنبعثة من بعض النويات المستثارة قد لا تتأثر وتعاق بفعل الارتداد النووي أو الاهتزازات المتشابكة. واستخدمت نتيجة موسباور لاختبار تنبؤات نظرية النسبية ولبحث خصائص الجوامد وطبيعة المغنطيسية.

12- الوحدة الفلكية Astronomical Unit

وهي البعد المتوسط بين الشمس والأرض ويساوى تقريبا 92907000 ميل (149500000 كم).

13- ثابت أفوجاردو أو عدد أفوجاردو Avogardo‘s Number

نسبة إلى عالم الفيزياء الإيطالي أميديو أفوجاردو (1776-1856) الذي ابتكر فروضا أساسية عن التكوين الجزيئي لنغازات. وقد وضع في عام 1811 قانونا يعرف باسمه أيضا «قانون أفوجاردو» ينص على أن الحجوم المتساوية لجميع الغازات التي لها نفس درجة الحرارة والضغط تحتوى على عدد متساو من الجزيئات.

وثابت أفوجاردو هو عدد الجزيئات في وحدة معيارية من غاز ما تعرف بحجم الوزن الجزيئي الجرامي أو في وحدة معيارية من الوزن تعرف بوزن الجزيء الجرامي. وهو عدد كبير جدا ولذلك يكتب عادة 6,02 X 23 10.

14- جول، جيمس بريسكوت (1818-1889)

Joule, James Prescott

عالم فيزياء إنجليزي اشتهر ببحوثه التجريبية التي أثبت من خلالها النظرية الميكانيكية للحرارة تعاون مع وليم طومسون في إجراء سلسلة من التجارب للتحقق من تنبؤات تتعلق بعلم الديناميكا الحرارية الذي كان لا يزال علما جديدا. ومن أهم أبحاثه أيضا دراسة عن النظرية الحركية للغازات تضمنت أول تقييم لسرعة جزيئات الغاز ويعرف باسمه قانون جول Joule‘s Low الذي ينص على أن الحرارة الناتجة عن مرور تيار كهربائي تتناسب مع مقاومة الموصل ومربع شدة التيار وزمن مروره ويعبر عنه كالآتي:

حيث ح = الحرارة بالسعرات

ت = التيار بالأمبيرات

م= المقاومة بالأومات

ن= الزمن بالثواني

15- قانون بويل Boyle's Law

نسبة إلى روبرت بويل وينص على أن حاصل ضرب حجم كتلة ما من الغاز في ضغطها هو مقدار ثابت عند درجة حرارة معينة.

16- قانون كولوم Coulomb's Law

نسبة إلى العالم الفرنسي كولوم، شارل أغسطين دو (1736-1806) الذي اشتهر بأبحاثه في الكهرباء والمغناطيسية. والقانون علاقة رياضية تعين قوة التجاذب أو التنافر بين جسمين مشحونين. إذ تعتمد قيمة هذه القوة على مقدار الشحنتين والمسافة بينهما ونوع الوسط الفاصل بينهما. وينص على أن قوة التجاذب أو التنافر بين جسمين مشحونين (تسلك شحنتاهما وكأنهما متمركزتان عند نقطة معينة) تتناسب مع حجم الشحنتين وتتناسب عكسيا مع مربع المسافة بينهما. ويمكن استخدامه في حساب القوة بين قطبين مغناطيسيين.

17- كيبلر، جوهانز (1571-1630) Keppler, Johannes

عالم فلك ألماني من أسرة فقيرة. عمل خادما في إحدى الحانات ثم عاملا زراعيا قبل أن يلتحق بالمدرسة التابعة لأحد الأديرة. تنقل بين عدد من المدارس. تعلم الرياضيات والفلك على يد معلم يؤمن بنظرية كوبرنيكس. ثم عمل مدرسا للرياضيات في مدرسة بروتستانتية. وهرب من بلده على إثر حملة اضطهاد ضد البروتستانتيين وانضم إلى تايكو براهي في مدينة براغ عام 1600. بعد وفاة براهي تولى كيبلر منصب «الرياضي الإمبراطوري» وكان عليه أن يكمل الجداول الردولفينية التي بدأها العلامة تايكو براهي. وسميت الجداول بهذا الاسم تيمنا باسم الإمبراطور رودولف الثاني راعى كيبلر.

رفض كيبلر آراء معلمه تايكو براهي الفلكية ونظريته عن الكون. تابع حركة المريخ واكتشف أن مدارات الكواكب ليست دائرية وإنما في شكل إهليليجي، تابع بدأب دراساته الفلكية وبحوثه المعتمدة على الرصد وقدم ثلاثة قوانين متعلقة بحركة الكواكب وهي:

أ-مدار الكوكب قطع ناقص أي إهليليجي تكون الشمس إحدى بؤرتيه.

ب-يمسح الخط الذي بين الشمس والكوكب مساحات متساوية في الفضاء في أوقات متساوية.

جـ-النسبة بين مربعي الزمن الدوري لأي كوكبين كالنسبة بين مكعبي البعد المتوسط لكل منهما من الشمس.

وكانت هذه القوانين بداية الطريق لعلم الفلك الحديث. ورهن كيبلر وقته بعد ذلك لإعداد جداول دقيقة قدر المستطاع تحدد مواضع الكواكب وهي المعروفة باسم «الجداول الردولفينية» التي أنجزها حتى عام 1627.

وكيبلر له أيضا كتاب في البصريات صدر عام 1611 ويعتبر من أهم الدراسات في هذا المجال قبل نيوتن.

18- هوجنز، كريستيان (1629-1695) Huygens, Christian

عالم فيزياء هولندي اشتهر بإسهاماته في مجال الديناميكا والبصريات ابن قسطنطين هوجنز من أبرز شخصيات عصر النهضة في هولندا. عرف الفيلسوف الفرنسي رينيه ديكارت الذي كان صديقا لأبيه. وقابل الفيلسوف لايبنتس والعلامة نيوتن. أول من وضع فرضا علميا للنظرية الموجية عن الضوء إذ رأى أن الضوء حركة اهتزازية عبر الأثير تنتشر من أي مصدر وتعطى إحساسا بالضوء عندما تؤثر على العين. ووضع نظرية البندول المركب.

19- دالامبيرت، جان لوروند (1717-1783)

D.Alembert, Jean le Rond

عالم رياضيات وفيلسوف فرنسي له إسهامات عظيمة في مجال الميكانيكا. قدم دراسات هامة في الرياضيات خاصة حساب التفاضل والتكامل واستطاع أن يوضح مفهوم الحدود. كان نيوتوني النزعة في فكره الفلسفي إذ بنى أفكاره على أساس فكرة القصور الذاتي بحيث لا تغير الأجسام حركتها إلا بفعل الجاذبية أو مؤثر خارجي.

20- برنوللي-عائلة (1654-1705) Bemoullis أ-برنوللي، جاك Bernoulli, Jacques عالم رياضيات سويسري

صاحب إسهامات عظيمة في حساب التفاضل والتكامل ونظرية الاحتمالات تعرف خلال رحلاته الواسعة بعدد كبير من علماء وفلاسفة عصره.

وضع الحساب اللامتناهي الصغر Ifinitismal وابتدع الحساب الأسى Exponential Calculus.

20- ب برنوللي، جان (1667-1748) Bernoulli, Jean

عالم رياضيات سويسري

من أبرز مؤسسي حساب التفاضل والتكامل. الأخ الأصغر لجاك برنوللي. ويرى الباحثون أن من العسير الفصل بين إنجازاته وإنجازات أخيه الأكبر. بدأ بدراسة الطب ثم تحول إلى الرياضيات له مؤلفات عديدة.

20- جـ برنوللي، دانييل (1700-1782) Bernoulli, Daniel

عالم رياضيات سويسري من مؤسسي علمي ديناميكا الموائع «الهيدروديناميكا» ونظرية حركة الغازات. وله إسهامات عظيمة في المعادلات التفاضلية. ابن العلامة جان برنوللي. اشتهر بدراساته عن «مسألة سانت بطرسبرج» الخاصة بالاحتمالات. حصل على درجة الدكتوراه في الطب ولكنه بعد ذلك عمل أستاذا للرياضيات في جامعة سانت بطرسبرج ثم عاد إلى بال ليعمل أستاذا في التشريح وعلم النبات والفلسفة الطبيعية حصل على عشر جوائز من أكاديمية العلوم. أهم عمل إبداعي له هو كتاب «الهيدروديناميكا» صدر عام 1738 ويضم 13 فصلا.

21- أيولر، ليونارد (1707-1783) Euler, Leonard عالم رياضيات سويسري

أغزر علماء الرياضيات إنتاجا، وكانت الهندسة عشقه الأول، هذا فضلا عن أنه دارس للاهوت واللغات الشرقية وعلم وظائف الأعضاء. عمل أستاذا للرياضيات. أصيب بالعمي ولكنه استمر في كتاباته في مجال الرياضيات. أول إنجازاته العظيمة أنه طبق المناهج التحليلية على الميكانيكا. وله دراسة في الفلك بعنوان «نظرية عن حركة الكواكب والشهب» هذا غير مؤلفات في الهيدروديناميكا وهو أول من فسر بوضوح دور الضغط في تدفق السوائل وصاغ العديد من المعادلات والمفاهيم الخاصة بحركة السوائل.

22- لاجرانج، جوزيف لوى (1736-1813)

Lagrange, Joseph Louis

عالم رياضيات وفلك فرنسي اشتهر بدراساته في الميكانيكا النظرية. عمل أستاذا للرياضيات. تحول في آخر حياته من الرياضيات إلى دراسة موضوعات أخرى مثل الميتافيزيقا وتاريخ اللغات والكيمياء وعلم النبات. أهم أعماله كتاب «الميكانيكا التحليلية» ومن إنجازاته دراساته عن «تساوى المحيطات» وحساب التغاير.

23- لابلاس، بيير سيمون (1749-1827)

Laplace, Pierre Simon

عالم رياضيات وفلك وفيزياء فرنسي اشتهر بدراساته في الفيزياء الرياضية وميكانيا الأجرام السماوية. اقترن اسمه بالفرض العلمي الخاص بنشأة الكون الذي يفيد بأن النظام الشمسي نشأ عن سديم أولى كان يحيط بنواة شديدة الكثافة ويدور حول محور. قدم تفسيرات هامة لظواهر التباين في حركات وسرعات عديدة من كواكب المجموعة الشمسية.

24- جوس، كارل فريدريك (1777-1855)

Gauss, Karl Friederich

عالم رياضيات وفلك وفيزياء ألماني. له مؤلفات في ميكانيكا الأجرام السماوية، ونظرية الأخطاء والمغناطيسية والكهرومغناطيسية والبصريات. عمل مديرا لمرصد جوتنجن له إسهامات عظيمة في الرياضيات سبق بها كثيرين من أبرز علماء عصره.

25- هاملتون، سير وليام روان (1805-1865)

Hamilton, Sir William Rawan

عالم رياضيات أيرلندي له دراسات في البصريات وتنبأ بالانكسار المخروطي. ولكنه اشتهر بابتكار حساب الرباعيات و«مبدأ هاملتون»، أجاد عديدا من اللغات وهو لا يزال يافعا منها العربية والفارسية.

26- جاكوبي، كارل جوستاف (1804-1851) Jacobi, Carl Gustav عالم رياضيات ألماني. له دراسات هامة في الدالات الناقصية Elliptic Func tions وصاغ نظرية عن المحددات.

27- هرتز، هينريخ ردولف (1857-1894)

Hertz, Heinrich Rudolph

عالم فيزياء ألماني له تجارب هامة ورائدة في البصريات والموجات الكهربائية والتأثير الكهروضوئي.

## الفصل الرابع

1- قانون التربيع العكسي: Inverse-Square Law

في الفيزياء مبدأ ينص على أن شدة الطاقة الواردة من النقطة المصدر تتناقص تبعا لمربع البعد عن المصدر. فإذا ضوعفت المسافة، فإن الشدة تبلغ ربع الشدة الأصلية، وإذا زيدت المسافة إلى ثلاثة أمثال المسافة الأصلية، فإن الشدة تنقص إلى تسع الشدة الأصلية. ويتحقق قانون التربيع العكسي في حالات قوى الجاذبية والمغناطيسية وكذلك في كثير من الصور الأخرى للطاقة.

2- هلمولتز، هيرمان لودفيج (1821-1894)

Helmholtz, Herman Ludwig

عالم ألماني اشتهر بإسهاماته في علم وظائف الأعضاء والفيزياء النظرية. عمل أستاذا للفسيولوجيا درس العلاقة بين الألياف العصبية والخلايا العصبية ودرس حرارة جسم الحيوان وقد كانت مدخلا لأبحاثه عن حفظ الطاقة. وله دراسات في البصريات الفسيولوجية أفضت إلى اكتشاف جهاز فحص العين Ophtalmoscope اتبع هذا ببحوث في اللون بما في ذلك مشكلة العمى اللوني وتكيف نشاط العين. وله دراسات أيضا في السمعيات وتوافق الأصوات. ومن أهم دراساته أيضا سرعة النبض العصبي.

3- ديكارت، رينيه (1596-1650) Descartes, Rene

فيلسوف فرنسي وعالم رياضيات وفيزياء وفسيولوجيا. درس الرياضيات والفلسفة والفلك والأرصاد

والتشريح والبصريات والموسيقي. استقر في هولندا طليعة البلدان الرأسمالية في عصره. اضطهده رجال الدين ورحل إلى السويد. أقر في مجال الفلك نظرة كوبرنيكوس عن مركزية الأرض وآمن بأن الكون لا نهائي. كان على وشك الانتهاء من كتاب في الفلك يعبر فيه عن رأيه هذا ولكنه أحجم بعد أن عرف ما أصاب جاليليو. عرض آراءه الفلسفية في ثلاثة كتب «مقال في المنهج» و«تأملات ميتافيزيقية» و«أسس الفلسفة».

تشكل فلسفته نسيجا واحد مع الرياضيات ونظريته عن نشأة الكون والفيزياء. وهو أحد مؤسسي الهندسة التحليلية. وقال في الميكانيكا بنسبية الحركة والسكون، وصاغ قانون الفعل ورد الفعل. وعن نشأة الكون قال بالتطور الطبيعي للنظام الشمسي، وذهب إلى أن الحركة الدورانية للجزيئات هي الصورة الأساسية لحركة المادة الكونية. وإن هذه الحركة هي التي حددت بنية العالم ونشأة الأجرام السماوية. وقال إن الله خلق المادة والحركة والسكون، وحدد كم الحركة والسكون في المادة.

قال إن الهدف النهائي للمعرفة هو سيطرة الإنسان على قوى الطبيعة واكتشاف وابتكار الأدوات التقنية التي تهيئ له هذه السيطرة، وإدراك الأسباب والنتائج والارتقاء بطبيعة الإنسان. ووصولا إلى هذا يجب على المرء ألا يؤمن بشيء إلا بعد أن يثبت له بالبرهان ويطمئن إليه على أساس من اليقين. وكان هذا مدخله إلى الشك وصولا إلى اليقين أي الشك كمنهج للمعرفة اليقينية الذي انتهى به إلى نقطة بدء رأى أنها يقينية لا يمكن الشك فيها وأوجزها في عبارته الشهيرة «أنا أفكر إذن فأنا موجود» وبنى كل الحقائق اليقينية على أساس هذا المبدأ الأولى.

ويعتبر ديكارت في مجال المعرفة مؤسس النزعة العقلانية التي نبعت من فهمه لطبيعة الرياضيات المنطقية. فالرياضيات لها طبيعة العقل من حيث الشمول والضرورة.

## الفصل الخامس

1- فتجنشتين، لودفيج (1889-1951) Wittgenstein, Ludwig

فيلسوف وعالم منطق نمساوي. وهو أحد مؤسسي الفلسفة التحليلية. دعا إلى استخدام لغة «كاملة منطقيا» أو «مثالية» وهي اللغة التي تجسدت في لغة المنطق الرياضي التي عرضها الفيلسوفان برتراند رسل ووايتهد في كتابيهما «أسس الرياضيات». وهذه محاولة لتطبيق النزعة الشكلية المنطقية على جميع أنواع المعارف، وتصورها كأنها جماع أحكام أولية تربط بينها علاقات اتصال وانفصال منطقية. وكل ما لا يدخل ضمن نمط اللغة «المثالية»-مثل الفلسفة التقليدية أو الأخلاق... الخ فهو فارغ من المعنى العلمي. ودور الفلسفة قاصر على «نقد اللغة» واللغة هي الوجود والفكر معا إذ لا وجود لحقيقة موضوعية مستقلة عن الوعي.

2- نظرية الكم (الكوانطا) Quantum Theory

وهي النظرية المبنية على المفهوم الذي أدخله ماكس بلانك في الفيزياء عن عدم اتصال الطاقة. وانبثقت عن هذا المفهوم ميكانيكا الكم خلال النصف الأول من القرن العشرين. وميكانيكا الكم هي فرع من الفيزياء يدرس ظواهر الكون الأصغر أي عالم الكائنات أو المواد الصغيرةMicrocosm. وشارك في تأسيس هذا العلم كل من عالم الفيزياء الألماني ماكسي بلانك (1858- 1847) وعالم الفيزياء الدانمركي نيلز بور (1885-1962) وعالم الفيزياء الألماني هيزنبرج (1901- 1976). وأسهمت ميكانيكا الكم في تفسير كثير جدا من الظواهر في علوم الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا، كما كان

لها أثرها القوي في مجال الفكر الفلسفي. في مجال الفيزياء تفسر نظرية الكم الظواهر الملازمة للضوء وغيره من الإشعاعات الكهرومغناطيسية على أنها حزم أو فوتونات. إذ تنبعث الطاقة الإشعاعية في كمات أي حزم طاقة تحمل كل كمة مقدارا من الطاقة يساوي حاصل ضرب ثابت بلانك (6, 625 X 27- 10 أ/ج ثانية) في التردد. وفسر بلانك على أساسها توزيع طاقة إشعاع الجسم الأسود. واستخدم آينشتين نظرية الكم في تفسير الكهربية الضوئية. وطبق نيلز بور فكرة الكم على كمية تحرك الإلكترونات في الذرة واستطاع وضع أول نموذج للذرة أثبت به أن الذرة تبعث الطاقة وتمتصها بكمات محددة منفصلة. وعدلت النظرية إلى أن وضعت في إطار جديد باسم الميكانيكا الموجية.

3- ليبنتز، جوتفريد فيلهيلم (1646-1716)

Leibniz, Gottfried Wilhelm

فيلسوف وعالم ألماني له إسهامات عظيمة في مجال الرياضيات. هو أحد مبتكري حساب التفاضل والتكامل. وله آراء متقدمة عن نظرية حفظ الطاقة. وكان أيضا عالم جيولوجيا وبيولوجيا ومؤرخا وعالم لغة فضلا عن ابتكاراته التقنية العديدة. راوده منذ شبابه طموح إلى إصلاح العلوم عن طريق استخدام لغة علمية شاملة وحساب خاص بالاستدلال العقلي.

وضع أسس المثالية الموضوعية في الفلسفة التي عبر عنها بنظرية المونادا أو الجوهر الأول الروحي بديلا عن المادة لأنها امتداد قابل للانقسام. وقال أن معيار الصدق هو وضوح المعرفة وانتفاء التناقض.

## الفصل السادس

1- سكيل، كارل فيلهيلم (1742-1786) Scheele, Carl Wilhelm

عالم سويدي. اشتهر باعتباره «مكتشف» الأكسجين وبعض الاكتشافات الكيميائية الأخرى. كان محافظا في تفكيره بالنسبة للنظرية الكيميائية ولذلك ظل ملتزما بنظرية الفلوجستون حتى آخر حياته. والمعروف أنه اكتشف الأكسجين قبل جوزيف بريستلي بعام على الأقل ولكن كتابه الذي عرض فيه تجاربه في هذا الشأن لم يصدر إلا عام 1777. وبحث أيضا أثر الضوء على أملاح الفضة. وأجرى سلسلة من البحوث أثبت فيها أن الهواء يتكون من عنصرين أحدهما يساعد على الاحتراق

2- بريستلي، جوزيف (1733-1804) Priestly, Joseph

عالم كيمياء إنجليزي، ورجل دين وعالم تربية وبطل من أبطال الحرية. كان غزير الإنتاج ألف في بداية حياته دراسات عن الإبصار والضوء والألوان، ومن أهم كتبه «تجارب ومشاهدات خاصة بأنواع الهواء المختلفة» وتضمن أهم نتائج تجاربه على الغازات ووضع أساليب تقنية جديدة لمعالجة الغازات. وفي عام 1774 حضر في المعمل الأكسجين عن طريق تسخين أكسيد الزئبق وحدد خصائصه على أساس تجارب كثيرة على الفئران والنباتات. وأوشك على اكتشاف غازات أخرى كثيرة مثل غاز النشادر، وثاني أكسيد الكبريت وغيرهما. وعلى الرغم من ذلك ظل حتى آخر حياته ملتزما بنظرية الفلوجستون.

3- رونتجن، فيلهم كونراد (1843-1923)

لاكتشافه الأشعة1901 عالم فيزياء ألماني، نال جائزة نوبل للفيزياء عام Roentgen, Wilhelm Konrad

4- كروكس، سيروليام Crookes, Sir William

عالم فيزياء إنجليزي. اكتشف عنصر الثاليوم واشتهر بأبحاثه عن الأشعة المهبطية.

5- لورد كلفن أو طومسون، وليم (1824-1907)

Kelvin, Lord or Thomson Williarn

عالم فيزياء أيرلندي له إسهامات كثيرة في مجال الفيزياء النظرية والتجريبية. تعاون مع فاراداي في العمل على صياغة نظرية المجال الكهرومغناطيسي. قدم دراسات عظيمة الشأن في الكهربية والمغناطيسية والدينكاميكا الحرارية.

## الفصل السابع

1- إشعاع الجسم الأسود Black Body Radiation

الجسم الأسود جسم أو سطح وهمي حالك السواد يمتص جميع الطاقة الإشعاعية التي تسقط عليه وإشعاع الجسم الأسود يقصد به الإشعاع الكامل أو التام أي إشعاع كل الترددات وكأنه ينبعث من «جسم أسود» مثالي. ومعامل اتصال الجسم الأسود تساوي 1، بمعنى أن نسبة الفيض الذي يمتصه الجسم الأسود إلى الفيض الساقط عليه = 1. ولهذا فان الإشعاع المنبعث منه يعد دالة عن الحرارة فقط.

2- الأفلاطونية الجديدة Neoplatonism

تيار فلسفي صوفي ظهر في عصر انحطاط الإمبراطورية الرومانية (من القرن الثالث إلى القرن السادس الميلادي). وظهرت أول ما ظهرت في مصر على يد أفلوطين الذي أسس مدرسة فلسفية في الإسكندرية. كما أسس بروقلوس مدرسة أخرى في أثينا استمرت حتى 529 م. وأثرت الأفلاطونية الجديدة تأثيرا كبيرا على المسيحية وعلى الفكر الصوفي الإسلامي.

3- ستوكس، جورج جابرييل (1819-1903)

Stokes, George Gabriel

عالم فيزياء ورياضي إنجليزي اشتهر بدراساته في ديناميكا الموائع (الهيدروديناميكا) وظاهرة ضوء الفلورسنت وهو أول من صاغ هذه الكلمة. إذ اكتشف أن بعض المحاليل عديمة اللون بطبيعتها ولكنها تبدو زرقاء في حالات بذاتها. وأوضح ستوكس أن ظاهرة الفلورسنت تحدث نتيجة الضوء فوق البنفسجي. ومن إنجازاته أيضا دراسته عن تباين الجاذبية على سطح الأرض.

4- مايكلسون، ألبرت أبراهام (1825-1931)

Michelson, Albert Abraham

عالم فيزياء أمريكي. بولندي المولد. اشتهر بتجربة مايكلسون-مورلي لقياس حركة الأرض عبر الأثير. ألف أبحاثا عن سرعة الضوء وكانت أبحاثه وتجربته مرحلة حاسمة على الطريق إلى نظرية آينشتين عن النسبية.

5- مورلي، أدوارد وليامز (1838-1923)

Morley, Edward Williams

عالم كيمياء وفيزياء اشتهر بدراساته عن كثافة الأكسجين والهيدروجين وكذلك تعاونه مع مايكلسون في تجربتهما بشأن قياس حركة الأرض عبر الأثير، كما تميز بقدرات فائقة في مجال اختراع وتصميم الأجهزة للتجارب مثل جهاز قياس التداخل Interometer لقياس الأطوال على أطوال

موجات الضوء وهو الجهاز المستخدم في تجربته هو ومايكلسون لقياس الحركة النسبية للأرض والأثير كوسط ناقل للضوء.

6- لورنتز، هندريك أنطون (1853-1928)

Lorentz, Hendrik Antoon

عالم فيزياء ولد في هولندا-قدم دراسات وأبحاث قيمة في مجال الكهرومغنطيسية. قدم حلولا لبعض المشكلات التي كشفت عنها معادلات كلارك ماكسويل وذلك من خلال نظرية الإلكترون والتي نال عليها جائزة نوبل عام 1902.

7- فتزيجرالد، جورفي فرنسيس (1851-1901)

Fitzgerald, George Francis

عالم فيزياء نظرية. اشتهر بالفرض العلمي المعروف باسم «انقباض فتزيجرالد» Fitzgerald Contraction لتفسير النتيجة السالبة لتجربة مايكلسون ومورلي عن سعة الضوء. عمل على تطوير نظرية الإشعاع الكهرومغنيطي التي وضعها كلارك ماكسويل.

8- أرسطارخوس الساموي «أوف ساموس» (310-230 ق.م) Aris tarchus Of Samos عالم فلك يوناني أول من حاول تحديد الأبعاد النسبية بين الشمس والقمر في ضوء استدلال هندسي دقيق مبنى على معلومات يستقيها من المشاهدة. ابتكر مزولة شمسية نصف دائرية. له كتاب عنوانه «عن حجم وأبعاد الشمس والقمر». من أوائل من قالوا إن الأرض تدور حول نفسها وتدور في فلك لها حول الشمس. اتهمه رجال الدين بأنه بآرائه هذه أقلق راحة الآلهة.

9- ري، جان (1583-1645) Rey, Jean

عالم كيمياء فرنسي-اكتشف زيادة أوزان المعادن المحماة عند ملامستها للهواء.

10- هوك، روبرت (1635-1703) Hooke, Robert

عالم فلك ورياضيات إنجليزي. عرض في كتابه Micrographia نظرية موجية عن الضوء. ورأى أن ذبذبات الضوء تنتشر مثل انتشار موجات الماء. ووضع نظرية عن حركة الكواكب على أساس مبدأ القصور الذاتي والتوازن بين قوة الطرد المركزية إلى الخارج وقوة الجذب إلى الداخل مع الشمس.

11- مايو، جون (1641-1689) Mayow, John

عالم إنجليزي درس القانون والطب، اهتم بدراسة عملية التنفس تجريبيا. كشف عن أوجه التماثل بين عمليتي الاحتراق والتنفس واستهلاك جزء من الهواء.

## الفصل الثامن

1- دالتون، جون (1766-1844) Dalton,John

عالم إنجليزي صاغ النظرية الذرية لتفسير التفاعلات الكيميائية على أساس مفهوم أن ذرات العناصر المختلفة تتمايز بناء على اختلاف أوزانها. بمعنى أن ذرات أي عنصر متساوية حجما ووزنا، ولكن الذرة تختلف باختلاف العناصر، وتتحد ذرات العناصر كيميائيا بنسبة عددية، بسيطة لتكون المركبات. ولم يحدد دالتون الفرق بين الذرة والجزيء حتى جاء أفوجاد فأطلق كلمة جزيء على الجسيمات سريعة الحركة التي يتكون منها الغاز. وصاغ أيضا قانون دالتون وينص على أن الضغط الكلي الناتج من خلط الغازات يساوي مجموع الضغوط لكل غاز في المخلوط وكأن كلا منها يعمل مستقلا عن الآخر.

2- كليروت، ألكسيس (1713-1765) Clairaut,Alexis

عالم رياضيات وفلك فرنسي.

3- باولي، فولت جانج أرنست (1910-1958) Pauli,Wolfgang

عالم فيزياء نظرية سويسري حائز عك جائزة نوبل عام 1945 لأعماله ودراساته عن إلكترونات وبنية الذرات. واشتهر بمبدأ الاستبعاد Exclusion الذي أضاف به درجة جديدة من الحرية للإلكترون. وقال باولي بوجود جزيء جديد أطلق عليه اسم النيوترينو متعادل الشحنة ويوصل كتلة صغيرة جدا.

4- هيزنبرج، فيرنر كارل (1901-1976) Heisenberg, Werner Karl

عالم فيزياء ألماني وفيلسوف. مؤسس ميكانيكا الكم «الكوانطا». وضع في عام 1927 نسقا أطلق عليه اسم «ميكانيكا المصفوفات» Matri Mechanics اكتشف تآصلية Allotropics أشكال الأيدروجين بمعنى اختلافها في الشكل وتماثلها من حيث التركيب الكيميائي. حصل على جائزة نوبل عام 1932. أهم لا اشتهر به فلسفيا ما عرف باسم «مبدأ عدم اليقين» بشأن استحالة أن تحدد في وقت واحد وبدقة كاملة مكان وكمية حركة أي جسم. وأثار حوارا فلسفيا خصبا وعميقا اشترك فيه أيضا آينشتين. أهم كتبه الفلسفية في هذا الشأن Philosophic Problems Of Nuclear Science تحول تدريجيا عن النظرة الوضعية لمدرسة كوبنهاجن الفلسفية إلى المثالية الموضوعية المأثورة عن أفلاطون.

5- الجشطلت Gestalt

مصطلح الجشطلت يعني: الصيغة أو الشكل أو النمط أو البنية أو التكوين أي الكل المتكامل وليس مجرد حاصل جمع عددي لوحدات أو أجزاء. وهو المصطلح الذي تسمت به مدرسة في علم النفس وهي مدرسة الجشطلت التي طبقت هذا المفهوم بداية على الإدراك أساسا ثم أفادت به في مجالات أخرى مثل التعلم.

ونشأت مدرسة الجشطلت في ألمانيا عام 1912 وأول من استخدم كلمة جشطلت هو عالم النفس فون اهرنفلز 1859-1932(von Ehrenfels). ومن أبرز علماء هذه المدرسة م. فرتيمر (1944-1880)M.Wertheimer وف. كيلر (1887-1967) W.Kohler وك. كوفكا (1886-1941)K.Koffa وترتكز هذه المدرسة فلسفيا على أفكار كل من الفيلسوف هوسرل وماخ. وظهرت هذه المدرسة كرد فعل ضد عدم النفس الذري بكل ضروبه ومن ذلك المدرسة الترابطية، كما تعارض المدرسة السلوكية والمدرسة الاستبطانية. وتبنى فرضيا الأساسي على أن العمليات العقلية والسلوكية لا يمكن تحليلها إلى وحدات وجزيئات منفصلة، نظرا لأن الطابع الكلي والصيغة المنتظمة قسمتان أصليتان لهذه العمليات منذ البداية، وأن هذا الطابع الكلي لا يمكن استخلاصه عن طريق تجميع الأجزاء وعلاقاتها ببعضها.

ولهذا تبحث هذه الدراسة فيما أسمته البني النفسية Psychic Structures أوالصيغ أو الكليات المنتظمة بديلا عن الاحساسات أو الوحدات الحسية. وترى أن هذه الصيغ أو الكليات المنتظمة هي الأولى والأساس الذي يعمل الذهن على هدية وانطلاقا منه. وترى مدرسة الجشطلت أن صياغة هذه البني تخضع للملكات النفسية الطبيعية الأصيلة لدى الأفراد وهي الملكات التي تنزع بطبيعتها إلى خلق أشكال أو صيغ بسيطة متماثلة ومغلقة. ومن ثم تؤكد أن الظواهر النفسية، حسب هذا التفسير، هي جشطلت أي صيغ كلية منتظمة وغير مقسمة ومترابطة ومتكاملة وخصائص الصيغة الكلية ليست هي حاصل مجموع الأجزاء بل على العكس فإن الأجزاء هي التي

تستمد. خصائصها من عضويتها ضمن الكل. إن الأجزاء هنا أشبه بالنغم في سياق لحن واحد ممتد ومتكامل البناء، والذي يستحيل أن نقول أنه حاصل مجموعة الأنغام كمفردات أيا كانت وفي أي وضع. وإنما يمكن أن نؤدي اللحن بآلات كثيرة مختلفة وتوزيع متباين وقرارات صوتية متنوعة بحيث يكون مجمل الأنغام مختلفا عن الآخر. وكذلك الحال في مجال السلوك إذ تنفى نظرية الجشطلت أن الاستجابة إلى موقف ما يمكن أن نضعه في إطار مجموع استجابات منفصلة بل هي استجابة كلية متكاملة إزاء الموقف كله في مجموعة.

والملاحظ أن علماء الجشلطت يعزون الصيغة الكلية للبني النفسية إلى «قوانين» ذاتية جبلية وأصيلة مع إغفال لطبيعة العلاقة بين الفرد والبيئة وأنشطته العلمية والتاريخ. وقد امتد تأثير هذه المدرسة بحيث بدأ تطبيق هذا الفهم على ظواهر أخرى طبيعية وفسيولوجية واجتماعية بل واقتصادية. وأهم مجالات تطبيقها التعلم ثم في علم الاجتماع والفلسفة وعلم اللغة حيث ظهرت المدرسة البنيوية في تفسير الظواهر الاجتماعية واللغوية. وقد انتقد العلامة الروسي بافلوف هذه المدرسة وأكد أن الوحدة الأولى للإدراك هي الفعل المنعكس ثم يأتي الكل بعد الجزء في صورته المتكاملة.

6- بقاء وعدم بقاء التماثل

Parity Conservation and Parity non Conservation

بدأ تماثل الانعكاس في الفضاء Principle Of Space Reflection أو بقاء التماثل، يقضي بأنه لا يوجد تمايز أساسي بين اليسار واليمين، بمعنى أن قوانين الفيزياء واحدة في مجموعة إحداثيات بمعنى مثلما هي في مجموعة إحداثيات يسرى. وكان هذا القانون مطبقا على جميع الظواهر التي تناولتها الفيزياء الكلاسيكية، ولكن ثبت في عام 1657 أنه غير صحيح بالنسبة لبعض التفاعلات بين الجزيئات الأولية. وتبين أن التماثل يظل باقيا بالنسبة لجميع التفاعلات القوية النووية والكهرومغناطيسية. ولكن تبين أيضا أن التماثل غير باق بالنسبة للتفاعلات النووية الضعيفة. حيث أنه في حالة التفاعل النووي الضعيف مثل خمود أو انحلال النيوترون يكون الإلكترون المنبعث مستقطبا يسارا.

7- بور، نيلز (1885-1962) Bohr, Niels

عالم فيزياء دانمركي. اشتهر ببحوثه في تركيب الذرة التي أجراها بمعامل «كافندش» بإشراف ج. م. طومسون، وبمعامل «مانشستر» بإشراف رذرفورد. وضع نموذج الذرة المعروف باسمه. صاغ النظرية الكمية عن البنية الإلكترونية لذرة الهيدروجين وعن نشأة الخطوط الطبقية للهيدروجين والهليوم. وتقضى نظريته بأن الذرة تتكون من نواة موجبة التكهرب تتركز فيها كتلة الذرة، تدور حولها الإلكترونات السالبة التكهرب بمناسيب طاقة قشرية محددة وبذلك وفق بين نظرية الكم «الكوانطا» وبين النموذج المعروف وقتئذ للذرة. نال جائزة نوبل في الفيزيقا عام 1922. أسهم في بحوث القنبلة الذرية في الولايات المتحدة الأمريكية. من مؤلفاته «نظرية الطيف وبناء الذرة» 1922 و«نظرية الذرة ووصف الطبيعة» 1934.

تمثلت اهتمامات بور العلمية في نقطة الاتصال بين الفيزياء والفلسفة-في إطار تحليل مفاهيم نظريات الفيزياء.

صاغ في عام 1913 ما يعرف باسم مبدأ التطابق Correspondence Principle وهو أحد مناهج البحث الأساسية التي تحكم تطور العلم. ويعبر فلسفيا عن حركة المعرفة من الحقيقة النسبية إلى الحقيقة المطلقة عبر مزيد من الحقائق التي تتزايد اكتمالا.

وصاغ مبدأ التتمة أو التكميلية Complementarity أو منهج الوصف التكميلي لوصف ميكانيكا الكم، يهدف التغلب على الصعوبات المنهجية في ميكانيكا الكم. وقد تم تطبيق هذا المنهج في مجالات مختلفة للمعرفة في تحليل المواقف التبادلية أو المتقابلة. ولكنه تحول في آخر حياته عن النزعة الوضعية ونزع إلى التفسير المادي والجدلي في مشكلات ميكانيكا الكم وفي نظرية المعرفة. وعنى بمبحث المعرفة في ضوء نتائج أبحاثه التي تؤكد أن الطبيعة تتطور في حركة جدلية.

8- مالوس، اتيين لوي (1775-1812)Malus, Etienne Louis

عالم فيزياء فرنسي اكتشف استقطاب الضوء.

## الفصل التاسع

1- استدلال دوراني أو محاجة دورانية Circularity أو دوران فكري

الدائرة الخبيثة وهي خطأ منطقي نابع من أسلوب الاستدلال حيث يكون الدليل مبنيا على المقدمة المطلوب إثبات صدقها أصلا.

2- بقاء الطاقة Conservation Of Energy

مبدأ ينص على أن الكمية الكلية للطاقة في نظام مغلق ثابتة. وطبقا لهذا المبدأ يمكن تحويل الطاقة من شكل إلى آخر-من ضوء إلى حرارة مثلا-ولكن لا يمكن خلقها أو إفناؤها، إلا في التفاعلات النووية. وفي هذه التفاعلات قد تتحول الطاقة إلى كميات صغيرة من المادة أو قد يحدث العكس.

3- فرين، سيركرستوفر (1632-1723)Wren, Sir Christopher

رياضي ومعماري إنجليزي. عمل أستاذا للفلك. بنى مرصيد جرينتش. له بعض الإنجازات الرياضية. أبدى اهتماما متزايدا بالهندسة المعمارية منذ عام 1668.

4- واليس، جون (1616-1703) Wallis, John

باحث ورياضي إنجليزي. له إسهامات كثيرة في مجال الرياضة والهندسة التحليلية.

## الفصل العاشر

1- غرفة الفقاعات Bubble Chamber

حجرة بها سائل فوق ساخن يمر خلاله جسم ذرى فيحدث خيطا من الفقاعات على طول مسيره، ومن الممكن تصوير هذا المسير لدراسته.

2- جيمس، وليام (1842-1810) James, William

عالم نفسي وفيلسوف مثالي أمريكي. أحد مؤسسي الفلسفة البرجماتية ومن أنصار فكرة التعددية من مؤلفاته «مبادئ علم النفس» و«إرادة الاعتقاد» و«صنوف من الخبرة الدينية» و«البراجماتية» النفس عنده تيار من الشعور. والنتيجة النافعة معيار الحق. والواقع خبرة شعورية خالصة. والاحساسات تيار دافق يختار المرء من بينها، بفعل الإرادة ما يراه نافعا ومجديا، وبدون فعل الإرادة هذا لن يبق سواء عماء زاخر بالطنين.

3- هيرشيل، سيروليام (1738-1822) Herschel, Sir William

عالم فلك إنجليزي. مكتشف كوكب أورانوس وتابعين له ثم تابعين لكوكب زحل. واكتشف الحركة الذاتية للشمس. واكتشف صورة المجرة أو الطريق اللبني. واكتشف أيضا الأشعة تحت الحمراء

في ضوء الشمس.

4- بود، جوهان ألبرت (1747-1826) Bode,Johan Elbert

عالم فلك ألماني. اشتهر بالقانون الذي اقترن باسمه قانون بود. وكان قد اقترح هذا القانون من قبل جوهان دانييل تيتيوس (1729-1796) Johan Daniel, Titius وروج له بود. والقانون إيجاز دقيق لمتوسط أنصاف أقطار مدارات الكواكب. ويبين متوسط الإبعاد النسبية للكواكب من الشمس.

5- السرعة الحدية أو السرعة النهائية Terminal, Velocity

هي أكبر سرعة يكتسبها جسم ما عند سقوطه سقوطا حرا. وهي سرعة ثابتة المقدار وتحدث عندما تساوي قوة مقاومة الهواء للجسم الساقط قوة الجاذبية.

6- بوريدان، جان (حوالي 1300-1358) Buridan, Jean

من مفكري العصر المدرسي. تنسب إليه الحجة المعروفة باسم حجة حمار بوريدان التي تصور موقف إنسان تحدوه رغبة في الاختيار بين أمرين متعادلين وعاجز عن أن يحسم أمره لتساوى الكفتين.

7- أوريزم. نيقولا (حوالي 1325-1382) Oresme, Nicole‘s

رجل دين وعالم من علماء العصر المدرسي.

8- موشينبر ويك، فان (1692-1761) Musschen Broek

عالم فيزياء هولندي مبتكر وعاء ليدن.

9- قانون النسب الثابتة Law of Constant Composition

كل مركب كيميائي محدد يحتوى دائما على نفس العناصر المتحدة كيميائيا بنفس النسب المقدرة حسب وزن مكوناتها.

10- رختر، بنيامين (1762-1807) Richter, Benjamin

كيميائي ألماني صاحب قانون الأعداد المتناسبة.

11- المكافئات الكيميائية Chemical Equivalents

الأوزان المكافئة أو أوزان الاتحاد. نسب اتحاد المواد على أساس الوزن بالقياس إلى الإيدروجين باعتباره المعيار. ومكافئ عنصر ما هو عدد الجرامات من هذا العنصر التي يمكن أن تتحد مع، أو تحل محل، جرام واحد من الإيدروجين أو 8 جرام من الأكسجين. والمكافئ بالجرام أو الوزن المكافئ هو المكافئ معبرا عنه بالجرامات. ويقاس مكافئ عنصر ما بالجرامات.
والمكافئ هو حاصل قسمة الوزن الذري لعنصر ما على تكافئه في تفاعل كيميائي معلوم، ويعني أيضا وزن العنصر الذي يتحد مع 7,999 جرام من الأكسجين أو 1,00797 جرام من الهيدروجين.

12- بروست، لوي جوزيف (1754-1826) Proust, Louis Joseph

عالم كيميائي فرنسي. من أنصار قانون النسبة الثابتة Law Of Constant Comoasition كان يعنيه التحليل أكثر من النظرية. أيد الأطروحة القائلة أن المركبات الكيميائية ذات نسب محددة وثابتة. وهو في هذا يعارض الرأي السائد الذي كان يدعو له برتوليت الذي يقول فيه أن المركبات الكيميائية يمكن أن تتغير نسبها على نطاق واسع. وانتهى الجدال إلى صواب رأي بروست مما ساعد على صياغة النظرية الذرية. وأخفق بروست تماما في اكتشاف قانون النسب المتضاعفة Law Of Multiple Composition على الرغم من أنه (كما أوضح جون دالتون) كان متضمنا في بعض النتائج التي توصل إليها.

13- برتوليت، كلود-لوي (1748-1822) Berthollet, Claude-Louis

عالم كيمياء فرنسي. درس الطب ومارسه. ثم درس الكيمياء. كان باحثا متميزا. وكان صديقا لنابليون بونابرت الذي أوفده إلى إيطاليا في عام 1796 لجمع كنوز فنية، كما أوفده إلى مصر في عام 1798 للمساهمة في تأسيس، «معهد مصر». من أوائل من عارضوا نظرية الفلوجستون، له اكتشافات كثيرة أصيلة في مجال الكيمياء غير العضوية. وساعدت أبحاثه النظرية عن الكلور ومركباته على وضح أسس الكيمياء الحديثة لهذا العنصر، واستخدامه لأغراض صناعية عديدة. وتتعلق أهم أعماله بالتفاعلات الكيميائية والنسب في المركبات الكيميائية التي استقى أفكاره عنها من خلال جهوده الصناعية. أهم كتبه في هذا الصدد «الكيمياء الإستاتيكية» دخل في صراع نظري حاد وطويل مع العلامة بروست. إذ كان برتوليت يؤكد أن نسب المركب الكيميائي تتغير بتغير نسب المواد الداخلة في التفاعل التي يتكون منها المركب علاوة على الشروط الفيزيقية للتفاعل. بينما رأي بروست أن النسب ثابتة ومحددة.

14-جاي-لوساك، جوزيف لوي (1778-1850) Gay-Lussac, Joseph Louis

عالم كيمياء وفيزياء فرنسي. عمل أستاذا للكيمياء ومساعدا للعلامة برتوليث. اشتهر بأبحاثه في قوانين الغازات وخصائص اليود والسيانوجين. اكتشف قانون تمدد الغازات بفعل الحرارة التي عرف بعد ذلك باسم قانو شارلس. ومن أهم أعماله قانون الأحجام المتحدة للغازات Law Of Combining Volumes Of Gases ويفيد بأن الغازات تتحد بنسب متكاملة على أساس الحجم.

## الفصل الحادي عشر

1- وايتهيد، الفريد نورث (1861-1947) Whitehead, Alfred North

فيلسوف وعالم رياضيات بريطاني عاشر في بريطانيا حتى عام 1937 ثم نزح إلى أمريكا. أحد مؤسسي المنطق الرياضي. أول كتبه الهامة كتاب «رسالة عن الجبر الشامل» 1898 Treatise Of Universal Algebra وهو محاولة لتوسيع نطاق جهود هاملتون بشأن الرباعيات Quaternions والمنطق الرمزي عند بول Boole ودمجهما معا. وأبدى اهتماما كبيرا هو وبرتراند رسل بجهود بيانو عن المنطق الرمزي، وأفادا بمنهج بيانو في البحث وعملا على تطبيقه في مجال الأسس المنطقية للرياضيات. ونجد هذا ضمن كتابهما المشترك «أسس الرياضيات» Principia Mathematica وتركز اهتمام وايتهيد بعد ذلك على نظرية المعرفة والميتافيزيقا، وله كتابات في الفلسفة ونظرية النسبية وانتقد بوجه خاص النظرية العامة للنسبة عند آينشتين. وله في هذا كتاب عنوانه «مبدأ النسبية». وفي محاولة للتغلب على أزمة الفيزياء في مطلع القرن العشرين والقول بثبات الطبيعة وقابليتها للتغير في آن واحد، رأى وايتهيد أن الطبيعة «عملية» و«خبرة» ووصل إلى واقعية جديدة توحد بين عناصر المادية والمثالية.

## الفصل الثاني عشر

1- بوبر، كارل ريموند Popper, Karl Raimund

ولد عام 1902. فيلسوف نمساوي وعالم منطق واجتماع. وضع مفهومه عن العقلانية النقدية مقابل الوضعية المنطقية على الرغم من تأثره بها. وصاغ مبدأ إثبات الزيف Falsification بدلا من مبدأ إثبات الصدق Verification أو قابلية التحقق Verifiability والذي يشكل المبدأ الأساسي للوضعية المنطقية. ويقضي مبدأ التحقق بأن صدق أي جملة عن العالم يتعين تأكيده في نهاية المطاف عن

طريق مقارنتها بالمعطيات الحسية. ذلك لأن المعرفة في رأي الوضعية المنطقية لا تتجاوز حدود الخبرة الحسية. وميزت الوضعية المنطقية هنا بين تحقق مباشر أو إثبات الصدق بصورة مباشرة لقضايا يقينية تصف تحديدا معطيات الخبرة وبين تحقق غير مباشر عن طريق رد القضية منطقيا إلى قضايا يمكن التحقق منها مباشرة.

أما منهج إثبات الزيف فهو وسيلة للتحقق من الفروض والنظريات عن طريق تفنيدها من خلال مقارنتها مع معطيات ثم الحصول عليها تجريبيا. ويقوم منهج إثبات الزيف على أساس مسلمة المنطق الشكلي التي تفيد بأن أي قضية نظرية تكون زائفة إذا كان دحضها منطقيا يلزم عن كثرة من القضايا المتسقة مع بعضها ومبنية على الملاحظة. وانطلاقا من هذه المسلمة المنطقية قابل بوبر بين مبدأ التحقق الوضعي الجديد وبين مبدأ إثبات الزيف. ولم يفسر هذا المبدأ باعتباره وسيلة لتحديد إمكانية أن تكون القضية قابلة للفهم، بل باعتباره منهجا للتمييز بين ما هو علمي وما هو غير علمي. وذهب بوبر إلى أن القضايا التي يمكن من حيث المبدأ إثبات زيفها هي فقط القضايا العلمية، أما غير القابلة للزيف فهي ليست علمية.

ويؤكد بوبر أن جميع المعارف العلمية ذات طابع افتراضي وقابلة للخطأ. وواجهت نظريته عن نمو المعرفة العلمية صعوبات جمة نبعت من أنه جعل مبدأ إثبات الزيف مبدأ مطلقا كما أنكر الصدق الموضوعي للمعرفة العلمية والتزامه بنزعه نسبية في تفسير الصدق مع الالتزام بنزعة اصطلاحية في معالجته لأسس المعرفة، ورفض القول بقوانين موضوعية للتطور الاجتماعي وقال لا يوجد تاريخ واحد متصل للبشرية بل أعداد لا نهائية من التاريخ لأوجه مختلفة ومتباينة من الحياة البشرية، وأن البحث عن أنماط ثابتة أو متكررة للتطور التاريخي هو محاولة مآلها الفشل.

2- إقليدس Euclid-عاش في القرن الثالث قبل الميلاد

عالم رياضيات إغريقي تلقي تعليمه في أثينا وتدرب في الأكاديمية وأكمل تعلمه في الإسكندرية. مؤلف كتاب «الأصول» الذي يعرض الهندسة القديمة ونظرية الأعداد على نحو نسقى واقترن علم الهندسة القديم باسمه «الهندسة الإقليدية».

3- رايلغ، لورد (جون وليام ستروت) (1842-1919)

Rayleigh, Lord]John William Strut

عالم فيزياء رياضية إنجليزي. كان باحثا تجريبيا متميزا. عمل أستاذا للفلسفة الطبيعية. حصل على جائزة نوبل عام 1904 في الفيزياء.

4- بواسون، سيمون دنيس (1781-1840)

Poisson, Simeon Denis

عالم رياضيات فرنسي. اشتهر بإسهاماته في مجال الكهربية والمغناطيسية. له مؤلفات في الفيزياء الرياضية وحساب الاحتمالات.

5- فوكو، ليون (1819-1868) Foucault, Leon

عالم فيزياء فرنسي. ابن بائع كتب فقير. عمل محررا للباب العلمي في صحيفة Journal de Debots شغل وظيفة باحث طبيعيات في مرصد باريس. اشتهر ببراهينه لإثبات دوران الأرض حول نفسها عن طريق بندول متأرجح أو ما يسمى جهات الجيروسكوب وهو مخترع هذا الجهاز. كما أنه أول من حدد تجريبيا سرعة الضوء بدقة تامة.

6- فيزو، أرماند هيبوليت لوي (1819-1896)

Fizeau, Armand Hippolyte Louis

عالم فيزياء فرنسي. تعاون مع العلامة فوكو. وهما أول من حصل على صورة تفصيلية للشمس. اشتهر فيزو بتحديداته لسرعة الضوء. كان له أثره المتميز في اتخاذ أول تدابير ساعدت على قياس سرعة الضوء بصورة مباشرة. قام بتجارب لقياس سعة الكهرباء في الموصلات السلكية.

7- دي بروجلي (1875-1960) De Broglie

عالم فيزياء فرنسي له مؤلفات عن الأشعة السينية.

دي بروجلي أخ السابق (1892)

عالم فيزياء فرنسي مبتكر الميكانيكا الموجية.

## الفصل الثالث عشر

1- فازاري، جيورجيو (1511-1574) Vasari,Georgio

رسام ومعماري ومؤرخ للفنون-إيطالي الجنسية. ألف كتبا هامة عن حياة أعلام الفن والنحت والعمارة.

2- فن التقصير Foreshortening

رسم منظوري يظهر فيه موضوع واحد بحيث يكون التركيز قاصرا عليه ولا يكاد يري الرائي غيره وكلما زاد الاختزال أو التقصير كلما قل ما حول المنظور أو الموضوع المرسوم الذي يركز عليه الفنان، وتكون الخلفية أشبه بفراغ يؤكد التركيز أو الاقتصار على هذا الموضوع المتفرد مما يضاعف من الإحساس الانفعالي للمتلقي.

3- ليوناردو دافينشي (1452-1519) Leonardo, Da Vinci

رسام ونحات ومهندس حربي ومهندس معماري ومخترع وعالم تشريح إيطالي الجنسية. عاش في فلورنسا ثم ميلانو قبل أن يرحل إلى فرنسا عام 1615. اشتهر أساسا بالرسم ولوحة الجيوكوند، أو العذراء اهتم بجميع فروع الفن.

4- فاراداي، مايكل (1781-1867) Faraday, Michael

عالم فيزياء إنجليزي تخصص في الكهرباء والمغناطيسية وأهم إسهاماته في هذا المجال اختراع أول مولد كهربي (الدينامو) توصل إلى عدة قوانين أهمها قانون التحليل الكهربي المعروف باسمه. ويطلق اسمه على عدة أشياء منها ثابت فاراداي، وقفص فاراداي، والفضاء المظلم لفاراداي، ودرع فاراداي. وهو صاحب نظرية التأثير الكهروستاتيكي واكتشف التأثير الكهرومغناطيسي ونجح في تحويل غالبية الغازات إلى سوائل. واكتشف البنزين. وهو العقل المدبر لنظرية المجال الكلاسيكية.

5- شرودنجر، أروين (1887-1961) Schrodinger, Ervin

عالم فيزياء نمساوي. مؤسس الميكانيكا الموجية وصاحب معادلة شرودنجر التي تصف السلوك الكمي «الكوانطي» للإلكترونات وجسيمات أخرى. حصل على جائزة نوبل عام 1933 لأعماله في مجال الميكانيكا الموجية. والفكرة الأساسية في هذه النظرية هي أن وصف سلوك الإلكترونات والجسيمات الأخرى يستلزم استخدام مجال موجي. وكان أول من عبر عن هذا لويس دي بروجلي الذي استلهم معالجة آينشتين للضوء على أساس الفوتونات المرتبطة بالموجات الكهرومغناطيسية. وأخذ شرودنجر هذه الفكرة وطورها واستخرج نظرية كاملة تنظمها المعادلة التفاضلية الأساسية التي تحمل اسمه. وأثبت أن هذه النظرية تعادل رياضيا ميكانيكا المصفوفات التي صاغها هيزنبرج في نفس الوقت تقريبا.

6- لادرك، جان بابتست بيير أنطوان (1744-1829)

Lamarck, Jean Baptiste

عالم تاريخ طبيعي فرنسي عنى في بداية حياته العلمية بعلم النبات وألف فيه. ثم عمل أستاذا في علم الحيوان وأبدى اهتماما خاصا باللافقريات. وهو صاحب هذا المصطلح. ونشر بعد ذلك كتابه «التاريخ الطبيعي للحيوانات اللافقرية» عرض في الكتاب الأول منه آراءه عن تطور الحيوانات التي سبق له أن عرضها في عام 1809 في كتابه «فلسفة علم الحيوان». وبلور ولامارك آراءه في أربعة «قوانين» تنظم عاملية التطور في نظره. من أهمها القانون الثاني الذي يقول «إن ظهور عضو جديد في جسم الحيوان ينتج عن حاجة جديدة تفرض نفسها باستمرار». عاني كثيرا بسبب سوء فهم أفكاره.

7- شامبرز، افرايم (1680-1740) Chambers,Ephraim

ناشر ومؤلف موسوعي إنجليزي. ألف موسوعة استوحاها من ديديرو الكاتب الموسوعي الفرنسي.

8- سبنسر، هربرت (1830-1903) Spencer; Herbert

فيلسوف ومصلح اجتماعي ومن كتاب الرحيل الأول عن التطور. بدأ حياته مهندسا ثم تحول إلى الصحافة التي يسرت له فرص اللقاء مع كثيرين من العلماء والمفكرين الأدباء والمصلحين. نشر مؤلفات عديدة في الفلسفة وعلم الاجتماع والتعلم والعلم عرض أفكاره عن التطور في كتابه «نسق الفلسفة التركيبية» Syatem Of Synthetic Philosophy وقد صدر كتابه هذا قبل كتاب داروين «أصل الأنواع».

# حاشية

1- البلعم Phage Or Phagocyte

خلايا دموية تبتلع الأجسام الغريبة وتقضى عليها، ولها حركة تمورية وقدرة على الحركة خلال الأنسجة. وهي في الفقاريات كرية دموية تتغذى على البكتيريا، وهي في الإنسان كرية من الكريات البيض في الدم تبتلع الكائنات الدقيقة وحطام الخلايا والجسيمات الغريبة في الأنسجة. ويسمى الفيروس أو الإنزيم الذي يتغذى على البكتريا ويقتلها باسم أكال البكتيريا Bacteriophage.

2- لنتس، هنريخ فريدريك أميل (1804-1865)

Lenz, Heinrich Friedrixh Emil

عالم فيزياء روسي. بعد أن درس اللاهوت تحول إلى الفيزياء وعمل أستاذا للفيزياء في جامعة سانت بطرسبرج. اشتهر بالقانون الذي يحمل اسمه قانون لنتس Lenz's Law الذي يحدد اتجاه التيار المستحث. وينص على أن التيار المستحث يكون اتجاهه دائما بحيث يضاد مجاله المغناطيسي الفعل الذي استحثه.

3- أوم، جورج Ohm, George

عالم الفيزياء الألماني جورج أوم 1789-1854، الذي اكتشف القانون الأساسي للتيار، الكهربي. وسميت باسمه وحدة قياس مقاومة مرور الكهرباء، المعروفة باسم الأوم وتساوي مقاومة مقدار 14, 4521 جم من الزئبق في أنبوبة طولها 106, 1 سم وفي درجة الصفر المئوي. وقانون أوم يعبر عن العلاقة بين التيار (ت) والقوة الكهربية الدافعة مقدرة بالفولت (ق) والمقاومة (م) حيث ت = ق/ م ويعبر (معادلـــــــــــة) عنه أحيانا م= ج/ت حيث م = المقاومة وجـ = فارق الجهد وت = شدة التيار.

4- آلة الورنية أو مدرج فرنييه Vernier Scale

نسبة إلى بيير فرنييه Vernier, Pierre (1580-1637) رياضي وميكانيكي عاش في هولندا اقترنت شهرته بابتكار واحد بارز هو آلة الورنية أو مدرج فرنييه وهو جهاز لقياس الأطوال الصغيرة عبارة عن مدرج مساعد قصير ينزلق على مدرج رئيسي أكثر طولا بحيث يمكن قراءة الأطوال الصغيرة بدقة أكبر. ولا يزال مستخدما حتى الآن في جميع أنحاء العالم في الآلات الدقيقة. فإذا كان هناك مدرج مقسم إلى وحدات سنتيمترات وملليمترات فإن الورنية عبارة عن مدرج مساعد ينزلق على طول المدرج الرئيسي وتقسم عليه الأطوال التي تقدر بتسعة أعشار السنتيمتر إلى عشرة أجزاء أخرى متساوية. وبهذا تكون كل وحدة من الكسور الورنية يساوي 0, 09 من السنتيمتر.

5- جيروسكوب Gyroscope

آلة تتكون من عجلة أو قرص مثبت على محور يرتكز عند طرفيه ارتكازا يتيح له أن يغير من اتجاهه. ومن مزاياه أن المحور عندما تدور العجلة بسرعة ينزع إلى البقاء في اتجاه ثابت مهما تغير اتجاه الحامل. والعجلة والمحور يميلان إلى التغير عموديا على اتجاه قوة تسلط على المحور في أية نقطة من نقطتي الارتكاز. والجيروسكوب من البوصلة الجيروية أو بوصلة جيروسكوب Gyro-Compass وهي البوصلة التي لا تستخدم المغناطيسية ومن ثم لا تتأثر بالعواصف المغناطيسية

وتستخدم في الملاحة لأن نزوع المحور إلى البقاء في اتجاه ثابت عند دوران العجلة يجعل البوصلة تحتفظ باتجاهها نحو الشمال الحقيقي إذا ما ضبطت.

6- مذهب الأنوية أو الانحصار الذاتي Solipsism

مذهب فلسفي مثالي ذاتي. يقرر أن الوجود هو وجود وعي الإنسان فقط، أما العالم الموضوعي بها في ذلك الناس، فإنهم موجودون في عقل الفرد. صاحب هذه الفلسفة في العصر الحديث وأهم من دعا إليها هو الفيلسوف الإنجليزي جورج باركلي (1685-1753) الذي يذهب إلى أن الإنسان لا يدرك شيئا مباشرة سوى أفكاره، ومن ثم فإن وجود الشيء رهن بإدراكه أي رهن بوجوده في إطار وعي الإنسان.

7- جسيمات ألفا Alpha Particles

رمز ألفا وهو أول حرف الأبجدية اليونانية يشير في الكيمياء إلى وضع خاص للذرات المستبدلة في مركب ما. فإذا قلنا جسيم ألفا لنواة الهليوم يعني اتحادا وثيقا بين نيوترونين وبروتونين وهما لذلك مشحونين شحنة إيجابية. وتنبعث جسيمات ألفا من نويات بعض العناصر المشعة (أشعة ألفا).

8- غرفة السحاب أو غرفة ويلسون Cloud Chamber

كن مغلق يستخدم للكشف عن بعض خصائص الأشعة المؤينة وقياسها، وهو كن يمكن فيه اقتفاء آثار الأشعة المؤينة بتكاثف بخار الماء المشبع على الجسيمات التي تكون قد تأينت وتبدو مسارات الجسيمات المتأينة في صورة صف من القطرات الصغيرة. ويتكون هذا الكن أو الجهاز من غرفة مملوءة ببخار مشبع ولها صمام يمكن البخار من التمدد على نحو أدياباتي Adiabatic أي دون تبادل حراري. ويؤدي هذا إلى تبريد فجائي للبخار مع تشبع زائد. وفي هذه الحالة يتكون شعاع من الجسيمات عبر الكن أو الغرفة وينتج عنه صف من الأيونات على طول مساره ويكون البخار قطرات سائلة على الأيونات وبذلك يصبح المسار مرئيا.

# المصطلحات العلمية الواردة في الكتاب ومقابلها الإنجليزي

| | |
|---|---|
| Perception | إدراك حسي |
| Statics | استازيكا |
| Annual Parallax | الاختلاف الظاهري السنوي لمواقع النجوم |
| Mossbauer radiation | إشعاع موسباور |
| Red Oxide of Mercury | أكسيد الزئبق الأحمر |
| Nitrous Oxide | أكسيد النتروز |
| Cathode rays | الأشعة المهبطية |
| Nitric Oxide | أكسيد النتريك |
| Spectrum | ألوان الطيف |
| Polarization | استقطاب |
| Black-body radiation | إشعاع الجسم الأسود |
| Neo Platonism | الأفلاطونية الجديدة |
| Theses | أطروحة |
| Double refraction | الانكسار المزدوج |
| Cathode ray tubes | أنابيب الأشعة المهبطية |
| X-rays | الأشعة السينية |
| Circularity-Circular Argument | استدلال دوراني (استدلال الدورانية-حجة دورانية) |
| Chemical affinity | الألفة الكيميائية |
| Ether | أثير |
| Mechanical ether | الأثير الميكانيكي |
| Subnuclear events | إحداث نويات جزئية |
| Gravitational rebounding | ارتداد تجاذبي/ تثاقلي |

| | |
|---|---|
| Angular displacement | الإزاحة الزاوية |
| Specific probabilities | الاحتمالات النوعية |
| Aristotalianism | الأرسطية |
| Combining weights | الأوزان المكافئة/ أوزان الاتحاد الكيميائي |
| Ontology | أنطولوجيا/ مبحث الوجود |
| Vernier | آلة الورنية |
| Electro | الإلكترون |
| Ammeter | أميتير/ جهاز |
| Combining weight | أوزان الاتحاد الكيميائي |
| Energy Conservation | بقاء الطاقة |
| Corpuscular Optics | البصريات الجسيمية |
| Wave Optics | البصريات الموجية |
| Physical Optics | البصريات الطبيعية |
| Geometrical Optics | البصريات الهندسية |
| Barium Platinocyanide | بلاتينو سيانيد الباريوم |
| Phage | البلعم |
| Pendulum | البندول |
| Conical Pendulum | البندول المخروطي |
| Analytic-Synthetic | تحليلي تركيبي |
| NaturalHistory | تاريخ طبيعي |
| Heating by Antiperstasis | التسخين عن طريق الحركة الديدانية المعكوسة |
| Composition | تركيب |
| RadioTelescope | التلسكوب اللاسلكي |
| Shift Gravitational | التغير التثاقلي أو التغير في الجاذبية |
| GravitationalAttraction | التجاذب التثاقلي |
| Precession of the Equinoxes | تقدم الاعتدالين |
| Parity non-conservation | تكافؤ عدم الحفظ |
| Photo electric effect | التأثير الكهروضوئي |

| | |
|---|---|
| Astronomical ephemeredes | التقويم الفلكي |
| Differential attractions | تجاذبات فارقة/ تجاذبات تفاضلية |
| Electrostatic repulsion | تنافر كهروستاتيكي |
| Elective affinity | التآلف الاختياري |
| Verification | التحقق |
| Construction | تصور ذهني |
| Simultaneity | تزامن |
| Constant acceleration | التسارع الثابت-العجلة الثابتة |
| Specific gravity | الثقل النوعي |
| Avogardo's number | ثابت أفوجادور |
| Universal gravitational Constant | ثابت الجاذبية الكوني |
| Gestalt | جشطلت |
| Contact Potential | جهد التلامس |
| Foucaults apparatus | جهاز فوكو |
| Molecule | جزيء |
| Corpuscule | جسيم |
| Periodic table | الجدول الدوري للعناصر |
| Kepler's Rudoiphine tables | جداول كيبلر الردولفينية |
| Gyroscope | الجيروسكوب/ جهاز |
| Alpha Particles | جسيمات ألفا |
| Gal vanometer | الجلفانوميتر |
| Leiden jar | جرة أو وعاء ليدن |
| Transverse wave motion | حرك موجية مستعرضة |
| Acidity of solution | حمضية المحلول |
| Acidity | حموضة-حمضية |
| Diffraction | حيود |
| Specific Heat | حرارة نوعية |
| Aberration | حيود أو زيغ |
| Moon's Perigee | الحضيض القمري |

| | |
|---|---|
| Perihelion | الحضيض الشمسي-نقطة الذنب |
| Dynamics | ديناميكا |
| Periods of eclipsing binaries | دورات كسوف النجوم الثنائية ودورات الكواكب |
| Relativistic Dynamics | الديناميكا النسبية |
| Bobs Period | دورة ثقل البندول / مدة ذبذبة |
| Steady-state hydrodynamic System | ثقل البندول |
| | دائرة هيدرو دينامية في حالة ثبات الديناميكا الحرارية |
| Thermodynamics | |
| Aristotelian Dynamics | ديناميكا أرسطو |
| Atom | ذرة |
| Venus | الزهرة/ كوكب |
| Sociology | سوسيولوجيا-علم الاجتماع |
| Psychology of Perception | سيكولوجيا الإدراك الحسي |
| Synchrotron | السنكروترون/ جهاز |
| Heat Capacity | سعة حرارية |
| Calorie | السيال الحراري |
| Velocity | سرعة |
| Relative Velocity | سرعة نسبية |
| Terminal Velocity | السرعة الحدية/ السرعة النهائية |
| Amplitude | سعة الذبذبة |
| Semantic | سيما نطيقا |
| Inclined plane | السطح المائل |
| Spectral Intensity | الشدة الطيفية |
| Electronic charge | الشحنة الإلكترونية الأولية |
| Counter instances | شواهد مناقضة-حالات معاكسة |
| Charging by induction | الشحن عن طريق التأثير |
| Structural Formula | الصيغ التركيبية |
| Potential Ascent | الصعود الممكن |

| | |
|---|---|
| Wave length | طوال الموجة |
| Kinetic energy | الطاقة المولدة للحركة |
| Molecular Spectrum | طيف جزيئي |
| Phenomenon | ظاهرة |
| Subatomic phenomena | الظواهر دون الذرية |
| Behavioural Sciences | العلوم السلوكية |
| Physical Science | علم الفيزياء-الفيزيقا |
| Biology | علم الأحياء |
| Astrology | علم الفلك |
| Normal Science | العلم القباسي |
| Natural Science | العلوم الطبيعية |
| Calendar makig | علم التقويم/ صناعة التقويم «تقسيم الأزمنة وحساب المواقيت» |
| Astronoly | علم التنجيم |
| Scintillation counter | عداد الائيماض |
| Pneumatics | علم الهوائيات المضغوطة |
| Hydrodynamics | علم قوة الموائع |
| Inverting lens | عدسة عاكسة/ عدسة قالبة |
| Transuranic | عنصر ما وراء اليورانيوم |
| Mercury | عطارد/ كوكب |
| Theology | علم الإلهيات/ علم أصول الدين |
| Extraordinary Science | العلم غير العادي |
| Radio Astronomy | علم الفلك الإشعاعي |
| Taxonomy | علم التصنيف |
| Taxonomic botany | علم النبات التصنيفي |
| Weight relations | علاقات الوزن |
| Cloud chamer | غرفة الضباب/ غرفة ويلسون |
| Bubble Chamber | غرفة الفقاعات |
| Photon | فوتون |

| | |
|---|---|
| الفلسفة الجسيمية الميكانيكية | Mechanico Corpuscular Philosophy |
| الفلوجستون | Phlogiston |
| الفضاء المطلق | Absolute Space |
| فوق الميكانيكي | Supra mechanical |
| فن التقصير | Fore shortening |
| فيزياء الطاقة العالية | High energy physics |
| الفصل الكروماتوجرافي الكيميائي | Chemical Chromatography |
| فيزياء الجوامد/ فيزياء الأجسام الصلبة | Solid State physics Physics of the solid |
| فيزياء نظرية المجال | Field Theory physics |
| فلك بطليموس، نظام بطليموس الفلكي | Ptolemaic astronomy |
| قابلية المواد للضغط | Compressibilities of materials |
| قابلية التوصيل الكهربي | Electrical Conductivity |
| قوة | Force |
| قانون بويل | Boyle's Law |
| قانون كولوم | Coulomb law |
| قانون جول | Joule's law |
| قانون التربيع العكسي | Inverse Square law |
| قانون النسب الثابتة | Law of fixed proportions |
| قوانين الديناميات الحرارية الإحصائية | Laws of Statistical Thermodynamics |
| قانون النسب الذاتية | |
| قانون المكافئات الكيميائية | Chemical equivalents |
| قانون جول-لنتس | Joule-lenz law |
| قانون أوم | Ohms law |
| قنطرة هويتستون | Wheatstone Bridge |
| قانون بود | Bodes law |
| كيمياء الفلوجستون | Phlogistic chemistry |
| كيمياء | Chemistry |
| كمة (وتجمع كمات) أو كوانطا | Quantum |

| | |
|---|---|
| Electrician | كهربائي |
| Chemistry | كيميائي |
| Biochemistry | كيمياء حيوية |
| Mass | كتلة |
| Mass point | كتلة منتظمة |
| Pneumatic Chemistry | كيمياء الهوائيات المضغوطة |
| Krypton | كربتون/ غاز |
| Photo electric | كهروضوئي |
| Rest mass | كتلة السكون |
| Heuristic | كشفي |
| Improbability | لا احتمالية |
| Incommensurability | لا قياسية |
| Irrationality | لا عقلانية |
| Conception | مفهوم-تصور |
| Discipline | مبحث معرفي |
| Stellar positions | مواضع النجوم |
| Atwood's machine | ماكينة اتوود |
| Precession of mercury's perihelion | مبادرة حضيض عطارد |
| Joule's coefficient | معامل جول |
| Point charge | مأخذ الشحنة الكهربائية |
| Radio propagation curves | منحنيات الانتشار الإشعاعي |
| Compound | مركب |
| Mixture | مزيج-خليط |
| Maxwell's equations | معادلات ماكسويل |
| Statistical mechanics | الجيكانيكا الإحصائية |
| Matrix Mechanics | ميكانيكا المصفوفات |
| Ether drag | مقاومة الأثير-سحب الأثير |
| Parameter | معلم |
| Variable | متغير |

| | |
|---|---|
| Replacement serious | متسلسلة إحلالية |
| Pendulum‘s period | مدة ذبذبة البندول (دورة البندول) |
| Field | مجال |
| Keplerian orbits | مدارات كيبلر الفلكية |
| Orbit | مدار |
| Calorimeter | المسعر،. جهاز قياس السعرات الحرارية |
| Principle of vis Viva | مبدأ طاقة الحياة أو القدرة على الحياة |
| Neuro-cerebral mechanism | الميكانيزم العصبي المخي |
| Solipsism | مذهب الأنوية |
| Stimulus | منبه |
| Paradigm | نموذج إرشادي |
| Skepticism)Skepticism) | النزعة الشكية/ مذهب الشك |
| Theory | نظرية |
| Calorie thermodynamics | النظرية الدينامية للسعرات الحرارية |
| Wave theory | النظرية الموجية |
| Boiling Point | نقطة الغليان |
| General Theory of relativity | النظرية النسبية العامة |
| Special Theory of relativity | النظرية النسبية الخاصة |
| Optical Activity | النشاط البصري (الضوئي) |
| Neutrino | النيتوترينو |
| Calorie theory | نظرية السيال الحراري |
| Wave theory of light | النظرية الموجية للضوء |
| Electro magnetic theory | النظرية الكهرومغناطيسية |
| Electron-scattering maxima | النهايات العظمي للتشتت الإلكتروني |
| Corpuscularism | النظرية الجسيمية |
| Kinetic theory of gasses | النظرية الحركية للغازات |
| Particulate theory of cathode ray | نظرية الدقائق للأشعة المهبطية |
| Dynamical theory of heat | النظرية الدينامية للحرارة |
| Quantum theory | نظرية الكم (الكوانطا) |

| | |
|---|---|
| Epistemology | نظرية المعرفة «ابستمولوجيا» |
| Perihelion | نقطة الذنب-الحضيض الشمسي |
| Field theory | نظرية المجال |
| Theory of energy conservation | نظرية بقاء أو حفظ الطاقة |
| Heliocentrism | نظرية مركزية الشمس |
| Geocentrism | نظرية مركزية الأرض |
| Subnuclear | نوبي جزئي |
| Impetus | نظرية الزخم أو كمية الحركة |
| Latitude of forms | نطاق الأشكال |
| Kinematic theory | النظرية الحركية «الكنماتية» |
| Probabilistic verification theory | نظرية التحقق في المذهب الاحتمالي |
| constant proportions | النسب الثابتة |
| Multiple Proportions | النسب المتضاعفة |
| Hydrostatics | هيدرو ستاتيكا |
| Helium | هليوم |
| Fixed Air Co2 | الهواء الثابت (ك أ 2) (ثاني أكسيد الكربون) |
| Actual descent | الهبوط الفعلي |
| Leyden jar | وعاء أو جرة ليدن |
| Astronomical unit | الوحدة الفلكية |
| Atomic weight | الوزن الذري |
| Spatial position | الوضع المكاني أو الوضع في المكان |
| Vernier | الورنية/ آلة |
| Factual | وقائعي |
| Uranium | يورانيوم |

# مراجع المدخل


١- أمستر دمسكي، ستيفان (تطور العلم) مجلة ديوجين-ع 32-فبراير 1976.

2- بول فيتي-الأيديولوجية في رأي ماركس ونيتشه/ ديوجين-ع 43-نوفمبر 1978.

3- ريدنيك: ما هي ميكانيكا الكم؟ دار مير، موسكو-1971.

4- شيخاوات فيرندرا، بعض الاتجاهات الأبستمولوجية في فلسفة العلم-ديوجين ع 72-1986.

5- Bunge, Mario; Ideology and Science lectures on philos., Mou Ein shams Univ. Cairo, rad Wahba ed. Faculty of Education. 1906

6. Collins, H.M., and Pinch J.T. The Social Constructions of Ex,traordinary Science, Rutledge & Kegan, London 1984.

7. Einstein, Albert; The Problem of Space, Ether and the field in physics. In Man and Universe, the publishers of Science, Washington Square press, New York 1947.

8. Feyerabend, Paul; Against Method. New Left review ed. Verso 1978.

9. Heisenberg, Werner, Philosophical Problems of Nuclear Sci. ence.Fawcett, New York 1952.

10. Kitaigordski, I am a Physicist, Mr. Pub. Moscow

11. Ladliere, Jean, the Challenge Presented to Cultures by Science,and Techno, Unesco 1977.

12. Lektorsky, V.A. Subject, Object, Cognition, Progress Publ.,Moscow 1986.

13. Main Trends in the Social and Human Sciences, incomes Havst ed. Unesco 1978.

14. Piaget J. Structuralism; Presse Univ. de France 1956.

15. France, The Concept of Structure in: Scientific Thought Unesco.

16. Popper, Karl, The Rationality of Scientific Revolutions in Scientific Revolutions. Ian Hacking ed. Oxford Univ. Press HCL

17. Putnam Hilary, the Corroboration of Theories.

18. Readings in the Phil. of Science, H. Feigl ed. New York,Appleton Century Crofts 1953.

19. Science of Science, Maurice Goldsmith ed. Pelican.

20. Shaper, Dudley, Meaning and Scientific Change; in Scientific Revolutions, Ian Hacking ed. Oxford Univ. Press 1901.

21. Social Sciences; U.S.S.R. Acad. of Sc. Nos 1- 1970, 2- 1972,1- 1974, 2, 3,-1986.

22. Whitehead, A. N., Science and the Modern World, Cambridge l945.

# الهوامش

## هوامش المقدمة

Heisenberg, Werner. Philosophic Problems Of Nuclear Science, Fawcette, New York,1952; pp 11-14, 45- 46.

* لإنسانا كيتا-تعارض النظريات وتاريخ العلم عند كون-مجلة ديوجين Diogene العدد 143/87 مركز مطبوعات اليونسكو-القاهرة.

Polikarov,A.; Science and Philosophy, Bulgarian Academy of SC.; Sofia 1973 pp.82.

## هوامش تصدير

(1) أكثرها تأثيرا بوجه خاص: Alexander Koyre Etudes Galileans (3 vols Paris, 1939); Emile Meyerson, Identity and Reality, trans. Kate Loewenberg (New York 1930); Helene Metzger, Les doctrines chimiques en France debut du XIIe a la-fin du XVIIIe siecle (Paris,1923), and Newton, Stahl, Boerhaave et la Studien« doctrine chi-mique (Paris,1930); and Anneliese Maier, Die Vorlaufer Galileis i 14. Jahrhundert( ; Rome 1949). »zur Naturphilosophie der Spatscholastik

(2) نظرا لأنها كشفت عن مفاهيم وعمليات تنبثق مباشرة عن تاريخ العلم فقد ثبت أن بحثين اثنين من أبحاث بياجيه لهما أهمية خاصة وهما The Child's Conception of Causality, trans Marjorie: Gabain (London, 1930, and Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant (Paris 1946).

(3) تولى جون كارول آنذاك جمع أبحاث وورف Language, Thought, and Reality-Selected Writings: of Benjamin Lee Whorf (New York, 1956). Quine has presented his views in Two Dogmas of« Empiricism», reprinted in his From a Logical Point of View (Cambridge, Mass., 1953), pp.20-46.

(4) ناقشت هذه العوامل في كتابي: T. S. Kuhn, The Copernican Revolution Planetary Astronomy in The Development of Western thought (Cambridge, Mass, 1957), pp 270, 32-122 وعرضت النتائج أخرى الناجمة عن تأثير ظروف الخارجية اقتصادية وفكرية خارجية على التطور العلمي الموضوعي أوضحتها في دراساتي التي تحمل العناوين التالية: Conservation of Energy as an Example of «Simultaneous Discovery, Critical Prob. lems in the History of Science, ed. Marshall Clagett (Madison, Wis, 1959), pp-321- 56 Engineering Precedent for the work of Sadi Carnot», Archives Inter nationales d'histoire des sciences, XIII (1960), 247-51; and åSadi Carnot and the Cagnard Engine Isis, LII, (1961), 567-74 ولهذا أضع هنا دور العوامل الخارجية في مرتبة أدني فيما يتعلق فقط بالمشكلات التي ناقشتها في دراستي هذه.

## هوامش الفصل الأول

*Normal Science العلم القياسي أو العلم العادي أو التقليدي وكلها بمعني إلى حد كبير مع فوارق

طفيفة وإن كان الاستخدام الغالب هنا «العلم القياسي» وقد آثرت صفة «القياسي» لأسباب: فالعلم العادي هو ما ألفه الباحثون وجرت العادة به. إلا أن كلمة «عادى» تعنى من بين ما تعنى التلقائية والانصراف عن إعمال العقل في مدلول السلوك وظاهره. هذا فضلا عن أن صفة «عادي» باتت على الألسن تحمل الذهن على التفكير في أن المقابل هو «المتميز».... والعلم التقليدي حيث «التقليد» هو الموروث الذي يتجه الناس ويحاكونه قولا أو فعلا من غير حجة ولا دليل، ويسير فيه الخلف على نهج السلف زمانا، وكما ذهبت المعاجم فإن التقليد ما انتقل إلى الإنسان من آبائه ومعلميه ومجتمعه من العقائد والعادات والعلوم والأعمال وتوارثتها الأجيال خلفا عن سلف مسطورة أو غير مسطورة ومترسبة في الوجدان. وقد شاع استعمال التقليد بمعني التراث وما له من بعد زماني عميق... والعلم القياسي هو أقرب المعاني لغة لمقصد المؤلف: نقول قياس الشيء بغيره أو على غيره بمعنى قدره على مثاله ومن ثم تحمل الكلمة معنى المطابقة والمماثلة وتنطوي على وعي وإعمال عقل. والقياس في الفكر (في الفلسفة أو الفقه) حمل فرع على أصل لعلة مشتركة بينهما، وهذا هو أقرب المعاني إلى قصد المؤلف، حيث أنه يسوق عبارة العلم القياسي بمعنى البحث الملتزم بحدود وإطار نموذج إرشادي معترف به بين الباحثين المتخصصين في مجال علم بذاته، وأي خروج عن هذا الإطار نشوز وشذوذ يفضي تكراره إلى الشعور بأزمة أي يكون بداية لأزمة تنتهي بتحول ثوري في هذا الإطار المرسوم. فالعلم هنا يجري (قياسا على قواعد وحدود مرسومة مسبقا ضمن الإطار. (المترجم

## هوامش الفصل الثاني

(1) Joseph Priestley, The History and Present State of Discoveries Relating to Vision Light and Colors (London, 1772), pp 385- 90.

(2) Vasco Ronchi, Histoire de Ia lumiere, trans. Jean Taton (Paris, 1956).

(3) Duane Roller and Duane H.D Roller, The Development of the Concept of Electric-Charge: Electricity from the Greeks to Coulomb (Harvard Case Histories in Ex perimental Science, Case 8; Cambridge, Mass.. 1954); and I. B. Cohen, Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof (Philadelphia 1956), chaps vii-xii.

وبالنسبة لبعض التفصيلات التحليلية الواردة في الفقرة التالية من النص أراني مدينا بها إلى دراسة لا تزال غير منشورة كتبها تلميذي John L.Heilbron. وإلى أن يتم نشرها يجد القارئ عرضا أكثر تفصيلا وتحديدا لظهور نموذج فرانكلين في كتاب Kuhn, «The Function of Dogma in Scientific Research», in A. C. Crombie. (ed), Symposium on the History of Science, University of Oxford, July 9- 15, 1961

وسوف تنشره دار هاينمان للنشر ضمن سلسلة كتبها التعليمية.

(4) قارن العرض العام لتاريخ طبيعي عن الحرارة في كتاب بيكون, Bacon's Nocum Organum Vol. ppVIII of The Works of Francis Bacon, ed J. Speeding, R. L. Ellis, and D.D. Heath. (New York, 1869), 179-203.

(5) نظر رولر ورولر Roller المرجع نفسه ص 14، 22، 28، 43. لم يعترف بأن التنافر نتيجة

كهربائية واضحة إلا بعد ذلك الحدث الذي ورد ذكره في خاتمة القائمة.
(6) انظر بيكون نفس المرجع-ص 235 و337 حيث يقود «الماء الدافئ قليلا أسرع تجمدا من الماء البارد». وللاطلاع على عرض جزئي للتاريخ السابق لهذه الملاحظة الغريبة انظر:

Marshall Clagett, Giovanni Marliani and Late Medieval Physics (New York. 1941), chap. Iv.

(7) روللر ورولر-نفس المرجع ص 51-54.
(8) كانت الحالة التي تمثل مشكلة مستعصية هي التنافر المتبادل بين أجسام ذات شحنة سالبة، وفي هذا انظر كوهن Cohen نفس المرجع ص 491-494، 531-543.
(9) الجدير بالملاحظة أن قبول نظرية فرانكلين لم ينه تماما الجدل الدائر. ففي عام 1759 اقترح روبرت سيمر Symmer نظرية تقول بوجود سيالين اثنين.
وانقسم الكهربائيون بعد ذلك بشأن تحديد الكهرباء هل هي سيال واحد أم اثنان غير أن الجدل بهذا الشأن يؤكد فقط ما قلناه سابقا عن الطريقة التي يؤدي بها إنجاز معترف به من الجميع إلى توحيد أبناء الصنعة.
وعلى الرغم من أن الكهربائيين ظلوا منقسمين فيما يختص بهذه النقطة إلا أنهم انتهوا سريعا إلى أن الاختبارات التجريبية لا يمكنها أن تميز بين صيغتي النظرية، ولهذا فإنهما متعادلتان. بعد هذا استطاعت المدرستان استثمار كل ما انطوت عليه نظرية فرانكلين من فوائد (نفس المرجع ص 543-546، 548-554).
(10) بيكون-نفس المرجع ص 21.
(11) يزودنا تاريخ الكهرباء بمثال رائع تؤكده حياة كل من بريستلي Priestly وكلفين وغيرهما فقد قال فرانكلين إن نوليت Nollet الذي كان أقوى الكهربائيين نفوذا في القارة الأوربية خلال منتصف القرن عاش حتى رأى نفسه خاتمة أبناء طائفته فيما عدا السيد ب. تلميذه الذي جاء بعده مباشرة (ماكس فاراند-محرر-مذكرات بنيامين فرانكلين-الناشر دار باركلي-كاليفورنيا (1949). (ص 384-386). ولعل ما هو أهم من ذلك هو تحمل مدارس بأكملها للعزلة المتزايدة عن تخصصها العلمي. ولنتأمل على سبيل المثال حالة علم التنجيم الذي كان يوما ما جزءا من علم الفلك.
أو لنتأمل استمرار تراث الكيمياء «الرومانسية» في أواخر القرن الثامن عشر ومطلع القرن التاسع عشر. وهذا هو التراث الذي عرضه وناقشه.

Charles C. Gillespie in The Encyclopedia and the Jacobin Philosophy of Science: åA Study in Ideas and Consequencesò, Critical problems in the History of Science ed. Marshall Clagett (Madison, Wis., 1959), pp. 255-89; and « The Formation of Lamark's Evolutionary Theory», Archives internationales d'histoire des sciences, XXXVII (1956), 323-38.

(12) تشتمل التطورات التي حدثت بعد فرانكلين على زيادة هائلة في حساسية أجهزة تسجيل الشحنات الكهربائية، وعلى أول تقنيات يعتد بها ويعتمد عليها لقياس الشحنات، وتطور مفهوم السعة وعلاقته بمفهوم جديد أكثر صقلا عن الجهد الكهربي، والتقدير الكمي للقوة الكهروستاتيكية. انظر في هذا كله كتاب رولر ورولر نفس المرجع سالف الذكر ص 66-81.
وانظر أيضا:

W.C. Walker »The Detection and Estimation of Electric Charges in the Eighteenth Century«, Annals of Science, I (1936), 66-100; and Edmund Hoppe, Geschichte der. Elektrizitat (Leipzig, 1884), Part I,chaps. iii-iv

## هوامش الفصل الثالث

(1) Bernard Barber, Resistance by Scientists to Scientific Discovery, Science, CXXXIV (1961), 596-602.

(2) النقطة الوحيدة التي بحاجة إلى تحقق وإثبات ومعترف بها منذ أمد طويل ولا تزال موضع تسليم عام هي مبادرة حضيض عطارد. فالتغير الأحمر في ألوان طيف الضوء المنبعث من النجوم البعيدة يمكن استنتاجه من آراء وبحوث أكثر أولية وأسبق من النظرية العامة للنسبية. ويمكن الشيء نفسه بالنسبة لميل الضوء حول الشمس، وهى نقطة موضوع خلاف اليوم. وعلى أية حال فإن قياسات الظاهرة الأخيرة تظل غير محسومة. وثمة نقطة أخرى بحاجة إلى مراجعة وتحقق، ربما تحددت أخيرا ومنذ فترة قريبة جدا، ونعنى بها التغير التثاقلي أو التغير في جاذبية إشعاع موسباور ١١(Massbauer) وربما تظهر نقط أخرى قريبا في هذا المجال الذي يتسم الآن بالحيوية والنشاط بعد سبات طويل، وإذا شاء القارئ الاطلاع على تقييم موجز وحديث للمشكلة فإننا نحيله إلى L. I. Schiff, (A Report on the NASA Conference on Experimental Tests of Theories Theones of Relativity), Physics Today, XIV (1961), 42-48.

(3) بالنسبة لمنظارين مقربين خاصتين بالاختلاف الظاهري لمواقع النجوم، انظر:

Abraham Wolf, A History of Science, Technology and Philosophy in the Eighteenth Century (2d ed., London 1952)

ولمزيد من الاطلاع على ماكينة آتوود انظر:

.N.R Hanson, Patterns of Discovery (Cambridge, 1958), pp. 100-102, 207-8.

ولمزيد من المعلومات عن الجهازين الأخيرين المتخصصين انظر:

M. L. Foucault, «Methode generale pour mesurer la vitesse de Ia Lumière dans l'air et les milieux transparants. Vitesses relatives de la lumiere dans l'air et dans l'eau... » Comptes rendus... de l'Academie des sciences, XXX (1950), 551- 60, and C, L. Cowan, Jr., et al., «Detection of the Free Neutrino: A Confirmation », Science CXXIV(1956), 103-4.

(4) يستعرض حـ. هـ. ب. عشرات من قياسات ثابت الجاذبية خلال الفترة من 1741 حتى 1901 وذلك تحت مادة «ثابت الجاذبية ومتوسط الكثافة» في الموسوعة البريطانية (الطبعة الحادية عشرة-كامبردج-1910-1911 مجلد 12- ص 385-389).

(5) بالنسبة لعملية النقل الكاملة لمفاهيم الهيدروستاتيكا إلى علم الهوائيات المضغوطة انظر:

The Physical Treatises of Pascal,trans. I. H. B. Spires and A. G. H. Spires, with an introduction and notes by F. Barry (New York 1937) ونجد الإضافة الأصيلة التي أضافها تورشيلي لنظرية الموازاة . وتكشف لنا الرسالتان161«نحن نعيش مغمورين في قاع محيط من الهواء الأولي»، وذلك في ص الرئيسيتان عن التطور السريع لها.

(6)Duane Roller and Duane H.D. Roller, The Development of the Concept of Electric-Charge: Electricity from the Greeks to Coulomb ( «Harvard Case Histories in Ex. 80-66. perimental Science », Case 8; Cambridge, Mass., 1954), pp. 66-80.

(7) للاطلاع على أمثلة أنظر:

, Isis, LII (1961), 161-93.«The Function of Measurement in Modern Physical Science »T.S. Kuhn,

(8) T. S. Kuhn, The Calorie Theory of Adiabatic Compression, Isis, XLIX (1958), 132-40.

(9)C. Truesdell,»A Program toward Rediscovering the Rational mechanics of the Age-of Reason«, Archive for History of the Exact Sciences, 1 (1960), 3- 36 and Re actions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Error, and Failure ir-Newtons Principle, Texas Quarterly, X (1967), 281- 97 T.L. Hankins, »The Re-ception of Newtons Second Law of Motion in the Eighteenth Century«.Archives in temationales histoire des sciences, XX(1967), 42-65.

(10) Wolf, ep, cit., pp 75- 81, 96-101; and William Whewell, History of the Inductive Sciences (rev. ed., London 1847), 11,213-7l.

(11)Rene Dugas, Histoire de Ia mecanique(Neuchatel, 1950), Books IV-V. Vol. II No.2.

## هوامش الفصل الرابع

(1) الاحباطات الناجمة عن الصراع بين دور الفرد وبين النمط الشامل للتطور العلمي يمكن أن تصبح من حين إلى آخر أمرا جد خطير. وفي هذا الموضوع انظر.

Lawrence S. Kubie (Some Unsolved Problems of the Scientific Career), American Scientist, XLI (1953) 596- 613 and XLII-l954) 104- 12

(2) للاطلاع على عرض موجز لتطور هذه التجارب انظر ص 4 من كتاب

C.j. Davidson's Lec ture in les Prix Nobel en 1937 (Stockholm 1938)

(3)W.Whewell, History of the Inductive Sciences (rev. ed: London, 1847), II 101.5, 220-22

(4)أنا مدين بهذه المسألة للعالم و. أ. هاجستروم Hagstromالذي يتجاوز جهده في علم الاجتماع أحيانا ما بذلته أنا من جهد

(5) عن هذه الجوانب من نظرية نيوتن انظر:

I. B. Cohen, Franklin and Newton: An Inquiry into Speculatice Newtonian Experi-mental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof (Phil adelphia, 1956), Chap. vii, esp. pp. 255-57, 275-77.

(6) نوقش هذا المثال بإسهاب قبيل خاتمة الفصل العاشر.

(7)H. Metzger, Les doctrines chimiques en France du debut du XVIIe siècle a la fin du-XVIIIe siècle (Paris, 1923), pp. 359- 61; Marie Boas Robert Boyle and Seven.teenth-Century Chemistry (Cambridge, 1958) pp.112-15.

(8) Leo Konigsberger, Hermann von Helmholtz, trans. Francis A. Welby (Oxford.1906), pp.66- 65.

(9) James E. Meinhard, Chromatography: A. Perspective , Science CX, (1949) 387-92

(10) عن النظرة الجسيمية بوجه عام انظر:

Marie Boas, «The Establishment of the Mechanical Philosophy », Osiris X,(1952) 412-541 For its effects on Boyle's.

وعن آثارها على كيمياء بويل انظر:

, Isis XLIII (1952),12-«Robert Boyle arid Structural Chemistry in the Seventeenth Century»T. S. Kuhn, 36.

## هوامش الفصل الخامس

(1) استحدث ميشيل بولاني بذكاء يثير الإعجاب فكرة مماثلة تماما، وأكد أن القسط الأكبر من نجاح رجل العلم يتوقف على «معرفة ضمنية»، أي على معرفة مكتسبة خلال الممارسة العملية والتي لا يمكن التعبير عنها صراحة. انظر كتابه المعرفة الشخصية (Personal Knowledge)شيكاغو 1958) خاصة الفصلين 5 ، 6.

(2) Ludwig Wittgenstein, Philosophical Investigations, trans. G.E.M Anscombe (New.York, 1953), pp 31-36ولكن فتجنشتين مع ذلك لا يكاد يقول شيئا عن نوع العالم الضروري لدعم عملية التسمية التي يحدد معالمها. لذلك فإن جانبا من وجهة النظر التالية لا يمكن أن نعزوه إليه.

(3) عن الكيمياء انظر

H. Metzger, Les Doctrines chimiques en France debut du XVIIe a Ia fin du XVIIe siècle (Paris, 1923), pp. 24-27, 146-49; and Marie Boas, Robert Boyle and-Seventeenth-Century Chemistry (Cambridge , Isis«The Uniformitarian-Catastrophist Debate »1958), chap. ii. For geology, see Wal ter F. Cannon, LI (1960),38-55 and C.C. Gillespie, Genesis and Geology (Cambridge, Mass., 1951), chaps iv-v.

(4) فيما يختص بالمناظرات بشأن ميكانيكا الكم انظر:

Jean Ullmo, la crise de Ia physique quantique (Paris, 1950), chap. Ii

(5) عن ميكانيكا الإحصاء انظر:

For statistical mechanics, See René Dugas, La théorie physique au sens de Boltz mann et ses prologements modernes (Neuchatel, 1959), pp158-84, 206-19.

وعن استقبال أعمال ماكسويل انظر:

Max Planck, «Maxwell's Influence in German» , in James Clerk Maxwell: A Com memoration Volume, 1831-1931 (Cambridge, 1931), pp. 45- 65, esp. pp. 58-63; and Silvanus P. Thompson, The Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs (Lon-don, 1910), II, 1021-27.

(6) للاطلاع على صورة من المعارك مع الأرسطيين أنظر:

A Koyre, A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler, to Newton Transactions of the American Philosophical Society, XLV,(1955)329-95.

وعن المناظرات مع الديكارتيين وأنصار ليبنش أنظر:

Pierre Brunet, L'introduction des theries de Newton en France aud XVIlle siècle (Paris, 1931); and A. Koyre, From the Closed World to the Infinite Universe(Bal-. timore, 1957), chap. Xi

(7) الباحث هو جيمس ك. سنيور. وأنا مدين له بتقرير شفهي. وقد عالج بعض القضايا ذات الصلة في بحثه المعنون.

The Vernacular of the Laboratory, Philosophy of Science, XXV (1958), 163-68.

## هوامش الفصل السادس

(1) عن الحوار بشأن اكتشاف الأكسجين، وهو حوار لا يزال له طابعه الكلاسيكي انظر:

A.N-Meldrum,Eighteenth-Century Revolution in Science-The First phase (Calcutta, 1930), chap. v

وهناك عرض لا غنى عنه صدر مؤخرا ويتضمن تفسيرا لأسبقية الجدل، في كتاب Maurice

Daumas, Lavoisier théoricien et expérimentateur (Paris, 1955), chaps. ii-iii

وللاطلاع على عرض أكثر تفصيلا مع ببليوجرافيا، أنظر T. S. Kuhn, The Historical Structure of Scientific DiscoveryA, Science, CXXXVI (June 1,1962), 760-64.

(2) انظر مع ذلك تقييما آخر لدور سكيل في A Lost Letter from Scheele to« Uno Bocklund, , Lychnos, 1957-58, pp. 39-62.»Lavoisier

(3) J.B. Conant, The Overthrow of the Phlogiston Theory: The Chemical Revolution-of 1775-1789 (Harvard Case Histories in Experimental, Sciences , Case 2; Cambridge, Mass., 1950), p. 23.

هذا الكتيب ذاته، وهو كتيب جم الفائدة، يعيد طبع العديد من الوثائق الوثيقة الصلة بالموضوع.

(4) H. Metzger, La philosophie de la matiere chez Lavoisier (Paris, 1935); and Daumas. op. cit., chap. Vii

(5) الرواية الموثوق بها أكثر من سواها عن علة ومنشأ شعور عدم الرضى عند لافوازييه في كتاب:

Henry Guerlac, Lavoisier-the Crucial Year: The Background and Origin of His (,.First Experiments on Combustion in 1772 (Ithaca, N.Y1961)

(6) L. W. Taylor, Physics, The Pioneer Science (Boston, 1941), pp. 790-94; and T. W Chalmers, Histories Researches(London, 1949), pp. 218-19.

(7)E. T. Whittaker, A History of the Theories of Aether and Electricity I(2nd ed.; Lon 1.don 1951), 358 n 1.

وقد أبلغني سير جورج طومسون عن خطأ ثان وقع في وقت قريب من ذلك. إذ أن وليم كروكس أزعجته رؤية لوحات التصوير الفوتوغرافي وقد توضبت على غير ما هو متوقع، وكان هو الآخر على بداية الطريق إلى الاكتشاف.

(8) Silvanus P. Thompson, The Live of Sir William Thomson Baron Kelvin of Larges (London, 1910), II 1125

(9) كونانت Conant-نفس المرجع ص 18-20.

(10) ك. ك. دارو «الانشطار النووي» K. K. Darrow, «Nuclear Fission», Bell System. Technical Journal XIX (1940), 267-89 Krypton

يبدو أن غاز الكربتون، وهو أحد المشتقين الأساسيين للانشطار، لم يتم التعرف عليه بالوسائل الكيميائية إلا بعد أن تيسر فهم التفاعل فهما جيدا، أما عنصر الباريوم، وهو المشتق الثاني، فقد تم التعرف عليه تقريبا كيميائيا في مرحلة متأخرة من البحث نظرا، كما تبين فيما بعد، لضرورة إضافة هذا العنصر إلى المحلول المشع لترسيب العنصر الثقيل الذي يبحث عنه علماء الكيمياء النووية. ولكن الفشل في فصل هذا الباريوم المضاف عن الناتج المشع أدى في النهاية، وبعد إجراء بحوث متكررة على التفاعل لمدة خمسة أعوام تقريبا، إلى التقرير التالي: «إننا نرى باعتبارنا كيميائيين إن هذا البحث سوف يقودنا إلى تغيير جميع الأسماء الواردة في مخطط (التفاعل) السابق، وبذلك نكتب، با، لن، سر بدلا من را، كت، تو. بيد أننا كعلماء متخصصين في الكيمياء النووية ولنا روابط وثيقة بالفيزياء، لن نستطيع أن نروض أنفسنا على هذه القفزة التي قد تتناقض مع كل خبراتنا السابقة في الفيزياء النووية. إذ ربما أن سلسلة من الأحداث الغريبة العارضة أفضت بنا إلى نتائج خادعة».

(Otto Han and Fritz Strassman«Uber den Nachweis und das Verhalten der bei der-Bestrahlung des

Urans mittels Neutronen entstehended Erdalkalimetalle , Die Na turwissenschaften, XXVII [1939] 15)

(11) عن المراحل المختلفة لتطور ليدن انظر I. B. Cohen, Franklin and Newton: An In query into:
Speculative Newtonian Experimental Science and Franklins Work in Electricity as an Example Thereof (Philadelphia, 1956), pp 385-86, 400-406, 452-67, 506-7.

وقد وصف ويتاكر Whittaker المرحلة الأخيرة في مرجعه سالف الذكر ص 50-52.

(12)J.S. Bruner and Leo Postman, On the Perception of Incongruity: A Paradigm Journal of Personality, XVIII (1949), 206-23.

(13) المرجع نفسه-ص 218 وقد قال لي زميلي بوستمان إنه على الرغم من أنه يعرف مسبقا كل ما يتعلق بالجهاز وعملية العرض، إلا أنه وجد أن إمعان النظر في أوراق اللعب المتضاربة كان عملا غير مريح بصورة قاسية.

## هوامش الفصل السابع

(1)†A. R. Hall, (The Scientific Revolution),1500-1800 (London, 1954), p.16.

(2)Marshall Clagett, (The Science of Mechanics in the Middle Ages) (Madison, Wis 1959), Parts Il-Ill. A. Koyre displays a number of medieval elements in Galileo‘s thought in his (Etudes Galiléennes) (Paris, 1939), particularly Vol.I

(3) عن نيوتن انظر T. S. Kuhn, Newton‘s Optical Papers , in Isaac Newton‘s Papers: and Letters in Natural: Philosophy, ed. I. B. Cohen (Cambridge, Mass., 1958), pp. 27- 45.

وعن التمهيد للنظرية الموجية انظر:

E. T. Whittaker, A. History of the Theories of Aether and Electricity, 1 (2nd ed. London, 1951), 94-109; and W. Whewell, History of the Inductive Sciences (reved.; London, 1847), II, 396-466.

(4) عن نظرية الديناميكا الحرارية انظر: Silvanus P. Thompson, (Life of William Thomson) Baron Kelvin of Larges (London,1910), 1, 266- 81.

وعن نظرية الكم انظر:

Fritz Reich, The Quantum Theory, trans. H. S. Hatfield and II. L Brose (London. 1922), Chaps. i-ii

(5) J.L.E. Dreyer, (A History of Astronomy from Thales to Kepler) (2d ed.; New. York, 1953), chaps. xi-xii

(6) T. S. Kuhn, (The Copemican Revolution) (Cambridge, Mass., 1957), pp. 135-43.

(7) J.R. Partington, (A Short History of Chemistry)(2d ed.; London, 1951), pp. 48-51, 73-85, 90-120.

(8) على الرغم من أن اهتمامهم الرئيسي يتعلق بمرحلة تالية لذلك بقليل، إلا أننا نجد قدرا كبيرا من المادة وثيقة الصلة متناثرة هنا وهناك. انظر مثلا:

J. R. Partington and Douglas McKee‘s Historical Studies on the Phlogiston The ory , Annals of Science, II (1937), 361-404; III (1938), 1-58, 337-71: and IV (1939), 337- 71.

(9) H Guerlac, Lavoisler-the Crucial Year (Ithaca, N.Y 1961).

والكتاب كله توثيق لتطور الأزمة وبداية الاعتراف بها. ولمن شاء رؤية واضحة لموقف لافوازييه- انظر ص 35.

(10) Max Jammer, (Concepts of Space: The History of Theories of Space in Physics)(Cambridge, Mass., 1954),pp. 114- 24.

(11) Joseph Larmor, (Aether and Matter... Including a Discussion of the Influence of the Earth's Motion on Optical Phenomena) (Cambridge, 1900), pp 6- 20, 320- 22.

(12)R. T. Glazebrook, (James Clerk Maxwell and Modern Physics) (London 1896)chap. ix

وعن اتجاه ماكسويل الأخير انظر كتابه:

A Treatise on Electricity and Magnetism (3d ed.; Oxford, 1892), p. 470.

(13) عن دور الفلك في تطور الميكانيكا انظر-توماس كون-المرجع السابق-الفصل السابع.

(14) ويتاكر Whittaker، نفس المرجع جـ 1- ص 386-410 وحـ 2 (لندن - 1953) 72-40.

(15) عن أعمال أرسطارخوس انظر:-

For Anstarchus' work, see T. L Heath, (Aristarchus of Samos: The Ancient Copernucus)(Oxford, 1913), Part II

وللإطلاع على بيان مسهب عن الوضع التقليدي بشأن إغفال إنجاز أرسطارخوس انظر:

Arthur Koestler,(The Sleepwalkers: A History of Man's Changing Vision of the Universe)(London, 1959), p.50.

(16) بارتنجتون نفس المرجع-ص 78- 85.

## هوامش الفصل الثامن

(1) انظر على وجه خاص الدراسة الواردة ضمن كتاب.

N. R. Hanson, Patterns of Discovery (Cambridge, 1958), pp.99- 105.

(2)T. S. Kuhn, »The Essential Tension«: Tradition and Innovation in Scientific Research in The Third (1959) University of Utah Research Conference on the Identification of Creative Scientific Talent, ed. Calvin W. Taylor (Salt Lake City, 1959).pp. 162- 77.

وعن الظاهرة المشابهة لذلك بين الفنانين انظر:

Frank Barron, «The Psychology of Imagination », Scientific American, CXCIX (September, 1958), 151- 66, esp.160.

(3)W.Whewell, «History of the Inductive Sciences » (rev. ed.; London, 1847), II, 220 21.

(4) عن سرعة الصوت انظر:

, Isis, XLIV (1958),136-37.«The Caloric Theory of Adiabatic Compression»T. S. Kuhn,

وعن التغيرات الموضوعية المتناهية البطء لنقطة الذنب لكوكب عطارد انظر:

, II (London, 1953), 151, 179Æ»A History of the Theories of Aether and Electricity«E.T. Whittaker,

(5) الاقتباس من كتاب. ب. س.. كون «الثورة الكوبرنيكية» (كامبريدج ماساشوسيت-1957) ص 138.

(6) ألبرت آينشتين: «على هامشي السيرة الذاتية» من كتاب:

«Albert Einstein: Philosopher-Scientist», ed. P. A. Schilpp (Evanston, III., 1949), p. 45.

(7)Ralph Kronig, åThe Turning Pointò, in Theoretical Physics in the Twentieth Cen tury: A Memorial

Volume to Wolfgang Pauli, ed. M. Fierz and V. F. Weisskopf (New York 1960), pp. 22, 25- 26.

والجانب الأكبر من هذه الدراسة يصف أزمة ميكانيكا الكم خلال السنوات السابقة مباشرة على عام 1925.

(8) Herbert Butterfield, «The Origins of Modern Science», 1300-1800 (London, 1949)pp. 1- 7.

(9) هانسون-نفس المرجع-الفصل الأول.

(10) عن تقييم أعمال كيبلر بشأن المريخ انظر:

(2d ed.; New York 1953), pp. 380-93.« A History of Astronomy from Thales to Kepler»J. L. E. Dreyer,

وأن الأخطاء المتكررة بين حين وآخر لا تحول دون الموجز الذي قدمه دريير وتوفير المادة اللازمة هنا وعن بريستلي انظر كتابه خاصة «تجارب ومشاهدات عن أنواع مختلفة من الهواء» لندن، 177 - 1775).

Experiments and ob-serrations on Different Kinds of Air (London,1774-75).

(11) عن هذا التحليل الفلسفي المصاحب والذي اقترن بميكانيكا القرن السابع عشر انظر:

Rene Dugas, «La Mecanique au XVII e Siecle» (Neuchatel, 1954).

وعن التحليل الفلسفي المماثل في القرن التاسع عشر انظر الكتاب السابق لنفس المؤلف.

«Histoire de lamecanique» (Neuchatel, 1950), pp. 419-43.

(12) T. S. Kuhn, «A Function for Thought Experiments», in Mélanges Alexander Koyre, ed. R. Taton and I. B. Cohen, to be published by Hermann (Paris), 1963.

(13) عن الاكتشافات في مجال البصريات انظر:

(Paris, 1956), chap. vii«Histoire de Ia lumière»V. Ronchi,

وعن التفسير الأول لإحدى هذه النتائج انظر:

,«The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colors»J. Priestley, (London, 1772), pp. 498- 520.

(4) آينشتين-المرجع السابق.

(15) هذا التعميم عن دور الشباب في البحث العلمي الأساسي أمر شائع جدا حتى ليكاد يكون فكرة متداولة.

زيادة على هذا فإننا إذا ألقينا نظرة خاطفة على أي قائمة بالإسهامات الأساسية في مجال النظرية العلمية سنخرج بانطباع يؤكد ذلك الرأي.

ولكن مع هذا فإن التعميم بحاجة ماسة إلى بحث نسقي. ويزودنا هارفي ك. لهمان في كتابه «العمر والإنجاز-برنستون 1953، Harvey C.Lehman Age and Achievement Princeton بمعطيات كثيرة مفيدة، غير أن دراساته لا تشتمل على أي محاولة لغرز الإسهامات التي تنطوي على فهم جديد أساسي أو إعادة الصياغة الذهنية الأساسية بصورة جديدة.

كما وأنها لا تحاول تقصي الظروف الخاصة، إن وجدت، التي قد تكون صاحبت الإنتاجية المتأخرة نسبيا في العلوم.

## هوامش الفصل التاسع

(1) Silvanus P. Thompson, «Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs» (Lon-don. 1910), I, 266-81.

(2) انظر على سبيل المثال ملاحظات فيينرفي PP. Wiener in: «Philosophy of Science», XXV (1958), 298.

(3)James B Conant, «Overthrow of the Phlogiston Theory» (Cambridge, 1950), pp 13-16; and J.R. Partington, «A Short History of Chemistry» (2nd ed.; London,(1951)pp. 85-88.

وإن أكمل عرض لإنجازات نظرية الفلوجستون وأكثرها تعاطفا معها هو ما كتبه مستجر في كتابه:

H. Metezger, (Newton, Stahl, Boerhaave et Ia doctrine chimique (Paris, 1930), Part II.

(4) قارن النتائج التي تم التوصل إليها من خلال نوع من التحليل مغاير تماما قدمه ر. ب. بريتويت في R. B. Braithwaite: «Scientific Explanation» (Cambridge, 1953), pp. 50-87, es p.p.76.

(5) عن النزعة الجسيمية بعامة انظر: Marie Boas, «The Establishment of the Mechanical Philosophy», Osiris, X (1952).

وعن اثر شكل الجزيء على المذاق انظر نفس المرجع ص 483.

(6) R. Dugas, «La mecanique au XVIIe siecle» (Neuchatel,1954), pp. 177- 85.

(7) I.B. Cohen, «Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian experi-mental, science and Franklin's Work in Electricity as an Example thereof» (Phiadelphia, 1956), chaps. vi-viii

(8) عن الكهرباء انظر المرجع السابق، الفصلين 8,9 وعن الكيمياء انظر متسجر Metzger نفس المرجع المذكور الباب الأول.

E. Meyerson, «Identity and Reality» (New York, 1930), chap. X.

(9)E, Meyerson, Identity and Reality (New York, 1930), chap. x

(10)E.T. Whittaker, A History of the Theories of Aether and Electricity, II (London 1953), 28- 30.

(11) هناك محاولة شديدة الذكاء وحديثة تماما تهدف إلى ملاءمة التطور العلمي عنوة وقسرا، وفي هذا انظر: C. C. Gillespie, «The Edge of Objectivity: An Essay in the History of Scientific Ideas» (Princeton 1960)

## هوامش الفصل العاشر

(1) قام بالتجارب بداية جورج م. ستراتون، George M. Stratton, «Vision without Inversion of the Retinal Image», Psychological Review, IV,(1897), 341- 60, 463- 81.

ويقدم لنا هارفي أ. كار عرضا أكثر حداثة في كتابة: Harvey A.Carr, an «Introduction to Space Perception» (New York, 1935), pp. 195-217.

(2) يرى القارئ أمثلة على ذلك في كتاب: Albert H. Hastorf, «The Influence of Suggestion on the Relationship between Stimulus Size and Perceived Distance», Journal of Psychology, XXIX (1950) and Jerome S. Brunner, Leo Postman, and John Rodrigues, «Expectations and the Perception of Color», American Journal of Psychology, LXIV (1951, 216-27).

(3) N.R . Hanson, «Patterns of Discovery» (Cambridge, 1958), chap. I

(4) Peter Doig, «A Concise History of Astronomy» (London, 1950), pp115-16.

(5) Rudolph Wolf, Geschichte der Astronomie (Munich, 1877), pp. 513-15, 683-93. ولنلاحظ بوجه خاص مدى الصعوبة التي عانى منها فولف في سبيل تفسير هذه الاكتشافات باعتبارها نتيجة

لازمة عن قانون بود Bode's Law.

(6) Joseph Needham, «Science and Civilization in China», II (Cambridge, 1959), 423-29, 434-36.

(7) T. S. Kuhn, «The Copernican Revolution» (Cambridge, Mass., 1957), pp. 206- 9.

(8)-Duane Roller and Duane H. D. Roller, «The Development of the Concept of Electric Charge» (Cambridge, Mass., 1954), pp. 21-29.

(9) انظر الدراسة في الفصل السابع والمراجع المشار إليها في الهامش رقم 9 في ذلك الفصل.

(10) Galileo Galilei, «Dialogues Concerning Two New Sciences», Trans. H. Crew and A. de Salvio (Evanston, Ill., 1946), pp. 80-81, l62-66.

(11) نفس المرجع-ص91-94, 244.

M. Clagett The Science of Mechanics in the Middle Ages (Madison, Wis 1959), pp. 537-38, 570.(12)

(13) -(Jacques) Hadamard, Subconscient intuition, et logique dans la recherche scientifique (Conference faite au Palais de Ia Decouverte le 8 Decembre l945 [Alencon, n.d.]), pp.7- 8.

ونجد عرضا أكثر شمولا، وإن اقتصر على الإبداعات الرياضية، في كتاب للمؤلف نفسه عنوانه:

«The Psychology of Invention in the Mathematical field».

(14)T.S. Kuhn. «A Function for Thought Experiments»,in Mélanges Alexander Koyre ed. R. Taton and I. B. Cohen, to be published by Hermann (Paris) in 1963.

(15)«A. Koyre, Etudes Galileennes» (Paris, 1939), I, 46- 51; and «Galileo and Plato» Journal of the History of Ideas,IV (1943), 400-428.

(16)Kuhn, «A Function for Thought Experiments», in Mélanges Alexander Koyre (see n.14 for full citation).

(17) Koyre, Etudes..., II, 7-11

(18)Clagett, op. cit., chaps, iv, vi and ix

(19)N. Goodman, «The Structure of Appearance» (Cambridge, Mass., 1951), pp. 4-5. ويستحق هذا

ودون سواهم من1947النص أن نعرضه بتفصيل أكثر: إذ كان جميع سكان ولمنجتون في عام رطلا يتصفون بأن شعر رأسهم أحمر، إذن فإن أصحاب الشعر1980 و 175يتراوح وزنهم ما بين و175 ممن يتراوح وزنهم ما بين 1947 وسكان ولمنجتون عام 1947الأحمر من سكان ولمنجتون عام 180. رطلا يمكن الربط بينهما وضمها في تعريف بنيوي

ومن ثم لا مجال للسؤال عن إمكان وجود شخص ما في الماضي تصدق عليه هذه الصفة دون الأخرى....... إذ ما أن نقرر أن ليس هناك مثل هذا الشخص.... يصبح من الملائم عدم التساؤل عن أي شيء آخر. ذلك لأن مفهوم الحالات «الممكنة»، أي الحالات غير الموجودة وإنما كان يمكن أن تكون موجودة، أبعد ما يكون عن الوضوح.

(Paris, 1930), pp34-68.«Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique» H. Metzger, (20)

(21) المراجع نفسه ص 124-129 , 139-148. ولمزيد من التفاصيل عن دالتون اقرأ: Leonard K. Nash, , Case 4; Cambridge,«Harvard Case Histories in Experimental Science» («The Atomic-Molecular Theory» Mass., 1950), pp.14-21.

J. R.Partington, A Short History of Chemistry (2nd ed.; London, 1951), pp. 161-63.(22)

A N. Meldrum, The Development of the Atomic Theory: (1) Berthollet's Doctrine of Variable(23)

Proportions , Manchester Memoirs,LIV (1910), 1-16.

(24)L.K. Nash, The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory , Isis, XLVII (1956), 101- 16.

(25)A. N. Meldrum, The Development of the Atomic Theory: (6) The Reception Ac corded to the Theory Advocated by Dalton , Manchester Memoirs, LV (1911)1-10.

(26) لمزيد من المعلومات عن بروست انظر: Meldrum. Berthollet's Doctrine of Variable Proportions: Manchester Memoirs LIV (1910),8.

وإن التاريخ الكامل للتحولات التدريجية في قياسات المكونات الكيميائية والأوزان الذرية لا يزال بحاجة إلى كتابة، غير أن بارتنجتون في المرجع سالف الذكر يزودنا بالعديد من المؤشرات المفيدة في هذا الصدد.

## هوامش الفصل الحادي عشر

(1) L.K.Nash, The Origins of Dalton's Chemical Atomic Theory, Isis, XLVII (1956),101-16.

(2) فيما يختص بملاحظة نيوتن انظر: Florien Cajori (Ed.), Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy and His System of the World (Berkeley, Calif., 1946), p.21.

وينبغي مقارنة الفقرة المذكورة بالدراسة التي قدمها جاليليو نفسه في حوارات عن علمين جديدين: Dialogues concerning Two New Sciences, trans. H. Crew and A. de Salvio (Evans-ton, Ill.,1946), pp.154-76.

(3) T. S. Kuhn, Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century Isis, XLIII (1952),26-29.

(4)Marie Boas, in her Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry (Cambridge, 1958).

إذ تتناول في مواضع كثيرة مساهمات بويل الإيجابية في سبيل تطور مفهوم العنصر الكيميائي.

## هوامش الفصل الثاني عشر

(1) للاطلاع على عرضت موجز للسبل الرئيسية المؤدية إلى نظريات التحقق في مذهب الاحتمالات انظر: see Ernest Nagel, Principles of the Theory of Probability , Vol. I, No. 6 of International Encyclopedia of Unified Science, pp.60-75.

(2) K.R.Popper, The Logic of Scientific Discovery (NewYork, 1959), esp.Chaps.i.iv.

(3) عن ردود الأفعال العادية إزاء مفهوم المكان المحني انظر:

Philipp Frank,«Ein-stein, His Life and Times», trans. and ed. G. Rosen and S. Kusaka (New York, 1947), pp. 142-46.

وللاطلاع على بعض المحاولات للحفاظ على مكاسب النظرية النسبية العامة في إطار المكان التقليدي انظر:

C. Nordmann, Einstein and the Universe , trans. J. McCabe (New York, 1922) chap.ix.

(4) T.S. Kuhn, The Copernican Revolution (Cambridge, Mass., 1957), chaps, iii iv and vii

الفكرة الرئيسية في الكتاب كله هي المدى الذي أضحت عنده نظرية مركزية الشمس شيئا أكثر من مجرد قضية فلكية خالصة.

(5) Max Jammer, «Concepts of Space» Cambridge, Mass., (1954), pp. 118- 24.

(6)I.B Cohen, Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experi-mental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof (Philadelphia, 1956), pp. 93-94.

(7)Charles Darwin, On the Origin of Species... (authorized edition from 6th Eng-lish ed.; New York, 1889), II, 295- 96.

(8)Max Planck, Scientific Autobiography and Other Papers, trans . F. Gaynor (New York, 1949), pp. 33-34.

(9) عن دور عبادة الشمس في فثر كيبلر أنظر:

E. A. Burtt, The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science (rev. ed New York, 1932), pp. 44-49.

(10) عن دور الشهرة أحكي القصة التالية لنتدبرها معا: بعد أن ذاع صيت لورد رايلي وأضحت له شهرة راسخة بلا منازع قدم إلى الرابطة البريطانية بحثا عن بعض مفارقات علم الديناميكا الكهربائية.

وحدث أن سقط اسمه سهوا عند إرسال البحث في المرة الأولى، ومن ثم رفضت الرابطة الدراسة بحجة أنها من عمل باحث «يهوي اصطناع المفارقات». وبعد ذلك بفترة وجيزة عرضت الدراسة مرة ثانية وقد ظهر عليها اسم صاحبها، فإذا بها تقبل مشفوعة بكم هائل من الاعتذارات.

(R. J. Strut, 4th Baron Raleigh, John William Strutt Third Baron Raleigh [New York, 1924], p288).

(*) انظر هامش 16- الفصل الثالث من التذبيل-المترجم.

(11) عن المشكلات التي خلقتها النظرية الكمية «الكوانطا» انظر:

F. Reiche, The Quantum Theory (London, 1922), chaps. ii vi-ix

وعن الأمثلة الأخرى الواردة في هذه الفقرة انظر المراجع سالفة الذكر في هذا الفصل.

(12) توماس كون. نفس المرجع ص 219-25.

(13)E.T. Whittaker, A History of the Theories of Aether and Electricity , I (2d ed London 1951),108.

(14) انظر نفس المرجع 2 (1953)151-180 عن تطور النظرية العامة. أما عن رد فعل آينشتين إزاء التطابق الدقيق بين النظرية وبين الحركة المشاهدة لنقطة الحضيض لكوكب عطارد، أنظر الرسالة الواردة في كتاب P.A. Schilpp. (ed), Albert Einstein Philosopher-Scientist (Evanston, Ill., 1949), p.10.

(15) عن مذهب تايكو براه الذي كان من الناحية الهندسية مكافئا تماما لمذهب كوبرنيكوس انظر:

J.L.E..Dreyer, A History of Astronomy from Thales to Kepler (2d ed.; New York, 1953), pp.359-71

وعن الصيغ المتأخرة لنظرية الفلوجستون ونجاحه أنظر:

J. R. Partington and D. McKie, Historical Studies of the Phlogiston Theory, Annals of Science, IV(1939), 113-49.

(16) عن المشكلة التي أثارها الأيدرودين انظر:

J.R. Partington, A Short History of Chemistry (2d ed.; London, 1951), p. 134.

وعن أول أكسيد الكربون انظر H. Kopp, Geschichte der Chemie, III (Braunschweig 1845)294-96.

## هوامش الفصل الثالث عشر

(1) E.H.Gombrich, Art and Illusion: A Study in the Psychology of Pictorial Riper sentation (New York, 1960), pp.11-12.

(2) نفس المرجع ص 97- وأيضا: Giorgio de Santillana, The Role of Art in the Scientific, Renaissance in Critical Problems in the History of Science, ed. M. Clagett (Madison Wis., 1959), pp.33-65.

(3) غالبا ما يجابه مؤرخو العلم هذا الإغفال والإخفاء على نحو يثير الدهشة. إن مجموعة الدارسين الذين يأتون إليهم بعد أن أتموا مرحلة تنشئتهم العلمية غالبا ما يمثلون أكفأ الجماعات الذين يدرسون على أيديهم. بيد أنهم أيضا هم في العادة أكثر الجماعات شعورا بالإحباط في البداية. إذ نظرا لأن دارسي «العلوم» يعرفون الإجابة الصحيحة فإن من العسير عليهم بوجه خاص أن نطالبهم بتحليل علم قديم في ضوء قواعده الخاصة.

(4) Loren Eiseley, Darwin's Century: Evolution and the Men Who Discovered It (New York, 1958), chaps, ii, iv-v.

(5) يجد القارئ عرضا لواحدة من أشد المعارك الدارونية حدة فيما يتعلق بهذه المشكلة في كتاب:
A.Hunter Dupree, Ase Gray, 1810- 1888 (Cambridge, Mass., 1959), pp. (295-306)(355-83).

## هوامش الحاشية

(1) أعددت هذه الحاشية أول الأمر بناء على اقتراح ممن كان أحد طلبتي يوما ما وأضحى صديق العمر الدكتور شيجيرو ناكاياما بجامعة طوكيو، وذلك رغبة منه في إضافتها إلى ترجمته اليابانية لهذا الكتاب. وأنا مدين له بالفكرة، وشاكر له صبره في الانتظار لحين إنجازها، وإذنه لي بأن أضمن حصاد هذا العمل في الطبعة الإنجليزية.

(2) لم أحاول في هذه الطبعة أن أعيد صياغة الكتاب على نحو نسقي، وقصرت التغيير على بعض الأخطاء المطبعية القليلة، بالإضافة إلى فترتين تضمنتا أغلاطا يمكن تبيانها، وإحدى هاتين الفقرتين تعرض وصفا لدور كتاب نيوتن «الأسس» في تطور ميكانيكا القرن الثامن عشر، وتتعلق الثانية بالاستجابة للأزمات.

(3) يجد القارئ مؤشرات أخرى في مقالتين لي صدرتا مؤخرا:
Reflection on My Critics, in Imre Lakatos and Alan Musgrave (eds.) Criticism and the Growth of Knowledge (Cambridge,1970); and Second Thoughts on Paradigms in Frederick Suppe (ed.), The Structure of Scientific Theories (Urbana, Ill., 1970 or 1971).
وكلتا المقالتين تحت الطبع الآن. وسوف أذكر الأولى فيما بعد تحت عنوان في «التأملات» والمجلد الذي تصدر فيه بعنوان «نمو المعرفة»، وسوف أشير إلى الثانية بعبارة «أفكار ثانية».

(4) للاطلاع على نقد يتسم بقوة متميزة للعرض الذي قدمته بداية عن النماذج الإرشادية انظر:
Margaret Masterman, The Nature of a Paradigm , in Growth of Knowledge; and Dudley Shaper, The Structure of Scientific Revolutions , Philosophical Review, LXXIII (1964), 383- 94.

(5)W.O. Hagstrom, åThe Scientific Communityò (New York, 1965), Chaps. iv and v; D. J. Price and D. de B. Beaver, åCollaboration in an Invisible Collegeò, American Psychologist XXI (1966), 1011-18; Diana Crane, Social Structure in a Group of Scientists: A Test of the åInvisible Collegeò, Hypothesis,

American Sociological Review XXXIV (1969), 335- 52; N. C. Mullins, Social Networks among Biological Scientists, (Ph.D. diss., Harvard University, 1966), and « The Micro-Structure of an invisible College: The Phage Group »

(بحث قدم في الاجتماع السنوي للرابطة الأمريكية لعلم الاجتماع-بوسطن، 1968).

(6)Eugene Garfield, « The Use of Citation Data in Writing the History of Science » (Philadelphia: Institute of Scientific Information, 1964); M. M. Kessler, « Comparison of the Results of Bibliographic Coupling and Analytic Subject Indexing » American Documentation, XVI (1965), 223- 33; D. J. Price, Networks of Scientific Papers, Science, CIL (1965), 510-15.

(7) ماسترمان، نفس المرجع.

(8) للاطلاع على عدد من الجوانب الهامة المتعلقة بهذا الحدث انظر: T.M.Brown, «The Electric Current In Early Nineteenth-Century French Physics» in the Historical Studies Physical Sciences, I(1969), 61-103, and Morton Schagrin, «Resistance to Ohm's Law», American Journal of Physics, XXI(1963),536-47.

(9) أنظر بوجه خاص Dudley Shaper, «Meaning and Scientific Change», in Mind and Cosmos: Essays in Contemporary Science and Philosophy, The University of Pitts burgh Series in the philosophy of Science, III (Pittsburgh, 1966), 41-85, Israel Schaffer, Science and Subjectivity (New York, l967).

وكذلك مقالات بقلم كارل بوبر وأمري لاكاتوس في «نمو المعرفة».

(10) أنظر الدراسة الواردة في صدر الفصل الثالث عشر فيما قبل.

(11) للاطلاع على هذا المثال انظر: Rene Dugas, «A History of Mechanics», trans. J.R-Maddox (Neuchatel, 1955), pp. 135-36, 186-93, and Daniel Bernoulli, Hydro dynamica, sive de viribus et motibus fluidorum, commentarii opus accademicium (Strausbourg, 1738), sec. iii F

وللاطلاع على المدى الذي وصلت إليه الميكانيكا في تقدمها خلال النصف الأول من القرن الثامن عشر عن طريق المماثلة بين حل مشكلة وأخرى، انظر:

Clifford Truesdell,« Reactions of Late Baroque Mechanics to success, Conjecture Error, and failure in Newton's Principia », Texas Quarterly, X (1967),238-58.

(12) يمكن الاطلاع على بعض المعلومات عن هذا الموضوع في «أفكار ثانية».

(13) ربما لم تكن هناك ضرورة للتشديد على هذه النقطة لو كانت جميع القوانين مثل قوانين نيوتن، وجميع القواعد العامة مثل الوصايا العشر، ففي هذه الحالة تكون عبارة «خرق القانون» لغوا وهراء، كما وأن رفض القواعد العامة لن يشتمل فيما يبدو على عملية لا ينظمها قانون ما. و من أسف أن قوانين المرور وما شابها من تشريعات كلها أمور يمكن خرقها على نحو يجعل الفوضى والتشوش أمرين يسيرين.

(14) بالنسبة لقراء «أفكار ثانية»، إن الملاحظات التالية يمكن أن تحمل قدرا من الإيضاح وإن لم تكن صريحة بما فيه الكفاية. إن إمكانية التعرف الفوري على أعضاء إحدى العائلات الطبيعية تتوقف على وجود مساحة إدراكية فارغة، بعد المعالجة العصبية، بين العائلات للتمييز بينها. فلو كان هناك على سبيل المثال متصل إدراكي مطرد لطيور الماء يمتد من الأوز إلى البجع، سنجد أنفسنا مضطرين إلى استخدام معيار نوعي للتمييز بينها. ويمكن أن نقول نفس الشيء عن الكيانات التي لا يمكن مشاهدتها، فلو أن نظرية فيزيائية تقرر عدم وجود شيء آخر مثل التيار

الكهربي، فإن عددا قليلا من المعايير قد تختلف من حالة إلى أخرى، وسوف يكفي للتعرف على التيارات حتى ولو لم تكن هناك مجموعة من القواعد العامة التي تحدد نوعيا الشروط الضرورية والكافية لعملية التعرف هذه. وتوحي هذه النقطة بنتيجة مترتبة عليها ومقبولة عقلا قد تكون أهم شأنا. إذ ما أن تتوفر مجموعة من الشروط الضرورية والكافية لتعيين كيان نظري، حتى يمكن إلغاء هذا الكيان من «أنطولوجيا» أو مبحث وجود النظرية عن طريق الإبدال. ولكن في حالة عدم وجود هذه القواعد يتعذر إلغاء هذه الكيانات، وتقضى النظرية حينئذ بضرورة وجودها.

(15) النقاط التالية عالجتها بتفصيل أكثر في الفصلين الخاص والسادس من «التأملات».

(16) انظر الأعمال الواردة في الهامش رقم 9 سابقا، وكذلك المقال الذي كتبه ستيفن تولمان Stephen Toulman في «نمو المعرفة».

(17) المرجع الكلاسيكي مذ زمان طويل للجوانب المتعلقة بالترجمة هو كتاب W.V.O-Quine Word and Object (Cambridge, Mass, and New York, 1960), Chaps.I and II.

ويفترض كواين شخصين يتلقيان منبها واحدا. ومن ثم لابد وأن يتولد لديهما إحساسا واحد، وبالتالي لا يكون بينهما الكثير مما يقال عن المدى الذي يتعين أن يبلغه مترجم ليكون قادرا على وصف العالم الذي تشير إليه اللغة المترجم عنها. وعن هذه النقطة الأخيرة انظر-E.A. Nida: Linguistics and Ethnology in Translation Problems, in Del Hymes (ed.), Language and Culture in Society (New York, 1964), pp.90-97.

(18)Shaper, « Structure of Scientific Revolutions », and Popper in « Growth of Knowledge ».

(19) للاطلاع على مثال واحد من كثير انظر مقال فاييرابند Feyerabend في «نمو المعرفة».

(20)Stanley Cavel, « Must we mean what we say? » (New York, 1969), Chap i.

(21) للاطلاع على هذه الفكرة وعلى مزيد من الدراسة التفصيلية لما هو خاص بالعلوم الطبيعية انظر, T. S Kuhn: « Comment on the Relations of Science and Art », Comparative Studies in Philosophy and History, XII (1969), 4O3-122.

## المؤلف في سطور

## توماس كون

* عالم أمريكي.
* أستاذ الفلسفة بمعهد ماساشوستس
* ولد في عام 1922.
* بدأ تدريس الفيزياء وهو لا يزال طالبا للدراسات العليا.
* تلقى منحة دراسية لمدة ثلاث سنوات بجامعة هارفارد.
* بدأت إرهاصات نظريته مع سلسلة من المحاضرات عنوانها «البحث عن نظرية لعلم الفيزياء» ألقاها في معهد لو ويل في بوسطن 1951.
* نال درجة الدكتوراه في علم الفيزياء.
* تحول عن الفيزياء إلى فلسفة تاريخ العلم.
* يقول عن نفسه «اطلاعي على نظريات علمية فات أوانها هدم جذريا بعض مفاهيمي الأساسية عن طبيعة العلم».
* قدم نظريته العلمية عن حركة العلم في التاريخ في كتابه بنية الثورات العلمية الذي صدرت طبعته الأولى عام 1962.

**من مؤلفاته:**

* The Essential Tension:
* Selected Studies in Scientific Tradition and Chang
* The Copernican Revolution
* Black-Body Theory and the Quantuw Discontinuity 1894-1912




**تاريخ الكتاب**

تأليف

د. الكسندر ستيبتيفتش

ترجمة و تقديم

د. محمد م. الارناؤطي

**المترجم**

**شوقي جلال**

* تخرج في كلية آداب جامعة القاهرة قسم الفلسفة وعلم النفس عام 1956.

* سهم بكتابة العديد من المقالات في المجلات النظرية المتخصصة.

* عضو لجنة قاموس علم النفس التي شكلها المجلس الأعلى للعلوم والفنون والآداب المصري لوضع قاموس للمصطلحات النفسية.

* ترجم للمكتبة العربية أكثر من أثنى عشر كتابا في الفلسفة. وعلم النفس والآداب منها رواية «المسيح يصلب من جديد» و «بافلوف وفرويد» دراسة مقارنة في مجلدين و«الأصوات والإشارات».

## هذا الكتاب

دراسة تاريخ العلم وسيلة رئيسية لتطوير أسس العلوم ونظرياتها وإثرائها وتوسيع نطاق مشكلاتها وإمكاناتها المعرفية.

وهذا الكتاب من أبرز الدراسات التي تعتمد المنهج متعدد المباحث لدراسة عملية إنتاج وتحول المعرفة العلمية في إطار ثقافي نفسي اجتماعي تاريخي.

يقول المؤلف إن هدفه الأساسي هو العمل بإلحاح وجدّ من أجل إحداث تغيير في إدراك وتقييم المعطيات المألوفة ويبدأ كتابه بدعوتنا إلى تغيير نظرتنا إلى التاريخ بعامة، وتاريخ العلم بخاصة، وإلى أن ننظر إليه نظرة جديدة لا على أنه وعاء لأحداث متتابعة زمنيا ومن ثم تراكميا... مؤكدا أن تغيير النظرة يستتبعه تحول حاسم في صورة العلم.

والصورة الجديدة البديلة عند كون تمايز بين مرحلتين من تطور العلم: المرحلة الأولى هي مرحلة العلم القياسي ومحورها الإجماع والتقليد حيث يتطور العلم داخل إطار حاكم هو النموذج الإرشادي، وقوامه شبكة محكمة من الالتزامات المفاهيمية والنظرية والمنهجية. والمرحلة الثانية هي مرحلة الثورة العلمية حيث يتم إبدال النموذج الإرشادي بآخر جديد تتغير معه صورة الوقائع ومعايير القبول والرفض. ويؤكد كون حقيقة بالغة الأهمية، وهي أن المفاهيم النظرية متضمنة في عملية المشاهدة العلمية ذاتها، وتحدد طبيعتها ونتائجها.

وقد حظي الكتاب، أو النظرية، باهتمام الأوساط العلمية والفكرية، وكان محور مناقشات مستفيضة في مؤتمرات دولية علمية وفلسفية. ولا يزال الكتاب مشروعا طموحا بحاجة إلى استكمال ومزيد من التطبيق في مجالات علوم أخرى وفي النظرة الناقدة للمألوف.